



TUGAS AKHIR - TE141599

**Minimisasi Deviasi Tegangan Menggunakan GA
(*Genetic Algorithm*) Sehingga Diperoleh Lokasi DG
(*Distributed Generatoion*) dan Kapasitor yang Optimal
Pada Jaringan Distribusi Radial Tiga Fasa**

Gama Dwi Nefanda
NRP 2213105073

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE141599

Voltage Deviation Minimization Using GA (Genetic Algorithm) to obtain the Optimal Location of the DG (Distributed generation) and Capasitor on the three-phase Radial Distribution Network

Gama Dwi Nefanda
NRP 2213105073

Supervisors

Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.

Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST., MT.

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**MINIMISASI DEVIASI TEGANGAN MENGGUNAKAN
GA (GENETIC ALGORITHM) SEHINGGA DIPEROLEH LOKASI
DG (DISTRIBUTED GENERATION) DAN KAPASITOR YANG
OPTIMAL PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL
TIGA FASA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

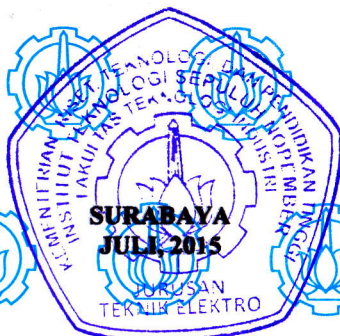
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Ir. Ontoseno Penangsang M.Sc.Ph.D
NIP.194907151974121001

Dr. Rony Seto Wibowo, ST., MT.
NIP. 197411292000121001



Minimisasi Deviasi Tegangan Menggunakan GA (*Genetic Algorithm*) Sehingga Diperoleh Lokasi DG (*Distributed Generatoion*) dan Kapasitor yang Optimal Pada Jaringan Distribusi Radial Tiga Fasa

Gama Dwi Nefanda
2213105073

Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST., MT.

Abstrak :

Pada system jaringan distribusi listrik, system harus dapat menjaga level tegangan tiap bus yang terhubung langsung dengan konsumen. Untuk memastikan level tegangan pada sistem distribusi pada kondisi normal, maka dibuatlah standart agar system berjalan dengan baik. Salah satunya adalah standar *American National Standart Institute (ANSI) C84.1* mengatakan bahwa perbedaan tegangan pada system distribusi bernilai antara -13% sampai 7%[1]. Pada prakteknya, kebanyakan perusahaan listrik mencoba untuk menjaga perbedaan tegangan berada pada nilai $\pm 5\%$. Dengan permasalahan tersebut, maka digunakan kapasitor bank untuk mengurangi kerugian energi dan daya serta meningkatkan level tegangan. Karena kapasitor dapat mengkompensasi daya reaktif sehingga level tegangan dapat berada pada nilai yang wajar. Penggunaan *Distributed Generation (DG)* juga digunakan karena dapat mengurangi harmonisa pada system, meningkatkan kualitas daya, meningkatkan keandalan system, perbaikan level tegangan[2]. Kedua metode ini akan dimodelkan dengan metode *Genetic Algorithm (GA)*. Dengan metode ini diharapkan dapat mendapatkan lokasi kapasitor dan DG yang optimal dengan nilai deviasi tegangan yang minimum.

Kata Kunci : *Jaringan Distribusi Listrik, Deviasi Tegangan, Genetic Algorithm (GA), Distributed Generation (DG), Kapasitor.*

Voltage Deviation Minimization Using GA (Genetic Algorithm) to obtain the Optimal Location of the DG (Distributed generation) and Capacitor on the three-phase Radial Distribution Network

Gama Dwi Nefanda
2213105073

Supervisor I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D.
Supervisor II : D Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST., MT.

Abstract :

In the electricity distribution network system, the system must be able to maintain the voltage level of each bus that is connected directly to the consumer. To ensure the voltage levels in the distribution system in normal conditions, then made standard so that the system is running well. One is a American National Standards Institute (ANSI) C84.1 say that differences in the distribution system voltage value between -13% to 7% [1]. In practice, most power companies tried to keep the tension was to be the difference in value of $\pm 5\%$. With these problems, the use of capacitor banks to reduce energy losses and power and increase the voltage level. Because the capacitor can compensate reactive power so voltage levels may be at fair value. Use of Distributed Generation (DG) is also used because it can reduce harmonics in the system, improve power quality, improve system reliability, improved voltage levels [2]. Both of these methods will be modeled by the method of Genetic Algorithm (GA). With this method is expected to get the location and DG optimal capacitor with a minimum value of voltage deviation..

Keywords : *Distribution network system, Voltage Deviation, Genetic Algorithm (GA), Distributed Generation (DG), Capacitor.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penyusunan tugas akhir dengan judul “Minimisasi Deviasi Tegangan Menggunakan GA (*Genetic Algorithm*) Sehingga Diperoleh Lokasi DG (*Distributed Generatoion*) dan Kapasitor yang Optimal Pada Jaringan Distribusi Radial Tiga Fasa” dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa selama proses penyusunan tugas akhir ini mengalami kendala-kendala, namun berkat nasihat, bimbingan, bantuan dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga semua kendala yang ada dapat diatasi oleh penulis.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak, ibu dan seluruh keluarga yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan studi.
2. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, PhD dan Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST., MT. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis dalam menyusun tugas akhir.
3. Suyanto, ST. MT dan Dimas Fajar Uman Putra, ST. MT. yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta nasihat selama penulis melaksanakan studi.
4. Keluarga Lab. B103, Tim 9, serta keluarga besar LJ gasal 2013.
5. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya selama studi, karyawan, dan keluarga besar Jurusan Teknik Elektro ITS.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari terdapat banyak kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini dari semua pihak.

Surabaya, Mei 2015
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	2
1.4 Metodologi	2
1.5 Sistematika	4
1.6 Relevansi	4

BAB II DISTRIBUTED GENERATION, KAPASITOR DAN GENETIC ALGORITHM (GA)

2.1 Distributed Generation	5
2.2 Kapasitor.....	6
2.2.1 Kapasitor Shunt....	7
2.3 Algoritma Genetika	8
2.3.1 Struktur Algoritma Genetika	10
2.4 Sistem Distribusi Listrik	11
2.4.1 Sistem Jaringan Distribusi Radial	12
2.4.2 Sistem Radial Pohon	14
2.4.3 Sistem Radial dengan Tie dan Switch Pemisah	14
2.4.4 Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area	15
2.4.5 Sistem Radial dengan Pusat Beban	16
2.4.6 Sistem Margerithe	16
2.5 Deviasi Tegangan....	17
2.5.1 Undervoltage dan Overvoltage.....	17

BAB III PENEMPATAN DG DAN KAPASITOR PADA SISTEM DISTRIBUSI 33 BUS MENGGUNAKAN GA

3.1	Pemodelan Sistem	19
3.2	Pemodelan Algoritma Genetika Pada Lokasi DG dan Kapasitor.....	21
3.2.1	Penentuan Variabel Awal.....	21
3.2.2	Inisialisasi Populasi.....	22
3.2.2	Pengkodean Kromosom.....	23
3.2.3	Evaluasi Populasi.....	23
3.2.4	Seleksi Pindah Silang.....	23
3.2.5	Seleksi Mutasi.....	24
3.2.6	Elitisme.....	24
3.2.7	Iterasi.....	24
3.3	Fungsi Objektif.....	25
3.4	Batasan.....	25
3.5	Pemodelan Algoritma Genetika Pada Sistem IEEE33 Bus.....	26
3.5.1	Jaringa Distribusi IEEE33Bus	26
3.5.2	Data Saluran Sistem.....	27
3.5.3	Data Pembebanan Sistem.....	29

BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS

4.1	Aliran Daya Awal	31
4.2	Optimasi Menggunakan GA untuk Lokasi dan ukuran DG	32
4.2.1	Hasil Simulasi GA untuk menentukan lokasi dan ukuran Dg yang optimal.....	33
4.2.2	Analisa hasil simulasi GA untuk menentukan lokasi dan ukuran DG yang optimal.....	35
4.3	Optimasi Menggunakan GA untuk Lokasi dan ukuran Kapasitor.....	36
4.3.1	Hasil Simulasi GA untuk menentukan lokasi dan ukuran kapasitor yang optimal	37
4.3.2	Analisa hasil simulasi GA untuk menentukan lokasi dan ukuran kapasitor yang optimal	39
4.4	Optimasi Menggunakan GA untuk Lokasi dan ukuran DG dan kapasitor.....	40
4.4.1	Hasil Simulasi GA untuk menentukan lokasi dan ukuran Dg dan Kapasitor yang optimal	41
4.4.2	Analisa hasil simulasi GA untuk menentukan lokasi dan ukuran DG dan Kapasitor yang optimal.....	43
4.5	Analisa keseluruhan point	44

4.6 Validasi simulasi program dengan software etap	45
--	----

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar2.1 Kapasitor Shunt	7
Gambar2.2 Struktur Genetik Algoritma... ..	11
Gambar2.3 Sistem Jaringan Distribusi Radial	13
Gambar2.4 Jaringan Distribusi Radial Pohon	14
Gambar2.5 Sistem Jaringan Distribusi Radial dengan tie dan switch Pemisah	15
Gambar2.6 Sistem Jaringan Distribusi Radian dengan Phase Area	16
Gambar2.7 Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan Pusat Beban	16
Gambar2.8 Sistem Margerithe	17
Gambar3.1 Flowchart GA pada Seluruh Sistem	19
Gambar3.2 Flowchart GA pada Seluruh Sistem (cont)	20
Gambar3.3 Inisialisasi Populasi dalam Genetik Algoritma	22
Gambar3.4 Pindah Silang	24
Gambar3.5 Mutasi.....	24
Gambar3.6 Single Line Diagram Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus.....	27
Gambar4.1 Perbandingan Deviasi Tegangan tiap kondisi	36
Gambar4.2 Perbandingan Deviasi Tegangan tiap kondisi	40
Gambar4.3 Perbandingan Deviasi Tegangan tiap kondisi	44
Gambar4.4 Perbandingan Deviasi pada semua sub bab	45
Gambar4.1 Nilai Tegangan Program dan Etap	45

DAFTAR TABEL

Tabel2.1 Klasifikasi Distributed Generation	5
Tabel3.1 Data Saluran Sistem.....	27
Tabel3.2 Data Pembebanan Sistem.....	29
Tabel4.1 Tegangan Tiap Bus pada Sistem.....	31
Tabel4.2 Deviasi Tegangan Tiap Bus pada Sistem.....	32
Tabel4.3 Hasil Penempatan DG pada Sistem menggunakan GA(1).....	33
Tabel4.4 Lokasi Penempatan DG pada Sistem menggunakan GA(1) ...	33
Tabel4.5 Hasil Penempatan DG pada Sistem menggunakan GA(2).....	34
Tabel4.6 Lokasi Penempatan DG pada Sistem menggunakan GA(2) ...	34
Tabel4.7 Hasil Penempatan DG pada Sistem menggunakan GA(3).....	34
Tabel4.8 Lokasi Penempatan DG pada Sistem menggunakan GA(3) ...	35
Tabel4.9 Hasil Penempatan DG pada Sistem menggunakan GA(4).....	35
Tabel4.10 Lokasi Penempatan DG pada Sistem menggunakan GA(4) .	35
Tabel4.11 Hasil Analisa Keseluruhan.....	35
Tabel4.12 Hasil Penempatan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(1)	37
Tabel4.13 Lokasi Penempatan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(1)	37
Tabel4.14 Hasil Penempatan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(2)	37
Tabel4.15 Lokasi Penempatan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(2)	38
Tabel4.16 Hasil Penempatan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(3)	38
Tabel4.17 Lokasi Penempatan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(3)	38
Tabel4.18 Hasil Penempatan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(4)	39
Tabel4.19 Lokasi Penempatan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(4)	39
Tabel4.20 Hasil Analisa Keseluruhan.....	39
Tabel4.21 Hasil Penempatan DG dan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(1).....	41
Tabel4.22 Lokasi Penempatan DG Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(1)	41
Tabel4.23 Hasil Penempatan DG dan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(2).....	41

Tabel4.24 Lokasi Penempatan DG Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(2)	42
Tabel4.25 Hasil Penempatan DG dan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(3).....	42
Tabel4.26 Lokasi Penempatan DG Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(3)	42
Tabel4.27 Hasil Penempatan DG dan Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(4).....	43
Tabel4.28 Lokasi Penempatan DG Kapasitor pada Sistem menggunakan GA(4)	43
Tabel4.29 Hasil Analisa Keseluruhan	43
Tabel4.30 Hasil Optimasi GA pada Sistem IEEE 33 Bus.....	44
Tabel4.31 Hasil Validasi nilai tegangan program dengan ETAP	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada system jaringan distribusi listrik, system tersebut harus dapat menjaga level tegangan tiap bus yang terhubung langsung dengan konsumen. Jika nilai level tegangan bus diluar rating yang diwajibkan, maka dapat berakibat pada umur peralatan yang digunakan berkurang sehingga menyebabkan peralatan cepat rusak. Untuk memastikan level tegangan pada sistem distribusi pada kondisi normal, maka dibuatlah standart agar system berjalan dengan baik. Salah satunya adalah standar *American National Standart Institute (ANSI) C84.1*. mengatakan bahwa perbedaan tegangan pada system distribusi bernilai antara -13% sampai 7% [1]. Pada prakteknya, kebanyakan perusahaan listrik mencoba untuk menjaga perbedaan tegangan berada pada nilai $\pm 5\%$.

Salah satu metode yang populer digunakan untuk meningkatkan level tegangan pada system distribusi saat ini adalah dengan memasang kapasitor bank pada bus yang bermasalah, serta memasang DG (Distributed Generation) yang dapat mencakup area pembebanan sekitarnya. Kapasitor bank dapat mengkompensasi daya reaktif sehingga kerugian daya dapat berkurang dan level tegangan meningkat. Distributed Generation digunakan karena dapat meningkatkan kualitas daya, sehingga perbaikan level tegangan akan terjadi. Keakuratan penempatan lokasi dan kapasitas yang dipasang akan mempengaruhi besar kecilnya penurunan nilai rugi – rugi yang dihasilkan pada system. Namun dengan banyaknya kemungkinan peletakan lokasi pada system distribusi besar membuat permasalahan baru. Permasalahan penentuan keputusan ini termasuk dalam bahasan optimasi. Riset internasional (jurnal/paper) tentang optimasi sudah dimulai sejak tahun 1940an. Dengan metodologi optimasi bernama GA (Genetic Algorithm). GA adalah metode optimasi dengan dasar seleksi alam, GA membentuk populasi yang dievaluasi setiap proses pindah silang (Cross Over) dan proses mutase (Mutate). Hanya individu yang mempunyai solusi paling bagus dalam permasalahan peletakan lokasi yang akan bertahan selama proses seleksi. Hingga pada akhir proses terbentuk populasi dengan individu terbaik yang merupakan solusi dari permasalahan optimasi. Oleh karena itu dibuat program optimasi untuk meminimalisir deviasi tegangan dengan metode GA (Genetic Algorithm) sehingga didapatkan

lokasi dari DG dan kapasitor yang optimal pada jaringan distribusi radial tiga fasa (seimbang).

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan diselesaikan pada minimisasi deviasi tegangan menggunakan GA (Genetic Algorithm) sehingga diperoleh lokasi DG (Distributed Generation) dan kapasitor yang optimal pada jaringan distribusi radial tiga fasa (seimbang) adalah mendapatkan lokasi dan ukuran yang optimal dari banyaknya kemungkinan peletakan yang terbentuk pada system dengan jumlah bus banyak.

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Dalam Tugas Akhir ini akan dibuat sebuah program optimasi untuk mendapatkan lokasi dan kpsitas DG berserta kapasitor yang akan dipasang untuk mendapatkan nilai deviasi tegangan yang minimal. Kemungkinan peletakan yang banyak akan diselesaikan dengan metode optimasi bernama GA (Genetic Algorithm). Sehingga setiap pengguna akan dengan mudah menentukan lokasi yang optimal pada system jaringan tanpa harus mencoba semua kemungkinan yang terjadi.

1.4 Batasan Masalah

Dikarenakan riset dibidang optimasi berkembang pesat membuat ruang lingkup permasalahan menjadi luas, maka dalam penulisan tugas akhir ini, permasalahan akan dibatasi pada :

1. *Platform software* yang dipakai dalam mempuat program tugas akhir ini adalah Matlab.
2. Metode optimasi yang digunakan adalah *Genetic Algorithm* (GA).
3. Menggunakan DG (Distributed Generation) dan Kapasitor sebagai solusi perbaikan deviasi tegangan.
4. Sistem yang digunakan adalah sistem jaringan distribusi IEEE 33 bus (3 fasa seimbang)

1.5 Metodologi

a) Studi Literatur.

Pada tahap studi literatur ini akan dibahas mengenai beberapa kegiatan yang bersangkutan dengan :

- i. Studi tentang Aliran Sistem Tenaga

- ii. Studi tentang pengaruh DG dan kapasitor untuk memperoleh deviasi minimum.
- iii. Studi tentang metode optimasi GA (Genetic Algorithm).
- iv. Studi tentang penelitian sebelumnya yang mempelajari optimasi sistem menggunakan DG dan kapasitor

b) Pengambilan Data dan Pembuatan Program.

Dari studi literatur yang telah dilakukan, didapatkan data data awal yang dibutuhkan berupa *single line diagram*, data pembebanan (P dan Q), serta impedansi tiap saluran yang digunakan untuk pembuatan program.

c) Simulasi dan Analisa Data

Simulasi program terbagi menjadi simulasi Power Flow untuk mengetahui nilai awal dari sistem sebelum dilakukan optimasi dan Optimization Flow System untuk mengetahui hasil perbaikan deviasi tegangan yang optimal

Analisa Data program dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi antara Power Flow awal dengan Optimizatin Flow System (pemasangan DG dan Kapasitor) untuk mengetahui program optimasi telah berfungsi dengan benar. Dan analisa data dilakukan dengan membandingkan nilai Power Flow awal dan nilai Optimization Flow System (pemasangan DG dan Kapasitor) dengan Software Etap 12.06 untuk mengetahui program yang dibuat menghasilkan nilai yang benar.

d) Kesimpulan

Dari keseluruhan proses dapat disimpulkan bahwa program optimasi menggunakan GA untuk memperoleh lokasi DG dan kapasitor sehingga didapatkan nilai deviasi yang minimum sangat berguna untuk pengembangan teknologi sistem tenaga dan mempermudah untuk melakukan perbaikan kualitas daya pada sistem distribusi listrik dengan jumlah bus yang banyak.

e) Penulisan Laporan Tugas Akhir

Penulisan laporan dibuat sebagai rangkuman simpulan akhir dari beberapa rangkaian metodologi diatas serta menggambarkan hasil analisa dan simulasi yang telah dilakukan. dengan tujuan lain untuk memberikan wawasan dan tambahan data riset untuk pengembangan kedepannya.

1.6 Sistematika

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

Bab 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan dan batasan masalah, tujuan, metode penelitian, sistematika pembahasan, dan relevansi.

BAB 2 : Teori Penunjang

Bab ini secara garis besar membahas tentang teori penunjang sistem distribusi dan metode GA yang digunakan sebagai dasar dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

BAB 3 : Penempatan DG dan Kapasitor pada Sistem Distribusi 33 bus menggunakan GA.

Bab ini membahas tentang proses pembuatan program optimasi untuk menentukan lokasi dan kapasitas dari DG dan kapasitor yang akan di pasang

BAB 4 : Simulasi dan Analisis

Bab ini membahas tentang simulasi dan analisa hasil program optimasi untuk menentukan bahwa program telah berjalan dan berfungsi dengan benar.

BAB 5 : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis penyelesaian program optimasi yang telah dibuat.

1.7 Relevansi dan Manfaat

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Didapatkan Lokasi DG terbaik.
2. Didapatkan Lokasi kapasitor terbaik.
3. Mendapat hasil yang paling optimal dari GA yaitu deviasi tegangan terkecil.
4. Menjadi referensi bagi mahasiswa lain yang hendak mengambil masalah yang serupa untuk tugas akhir berikutnya.

BAB II

DISTRIBUTED GENERATION, KAPASITOR DAN GENETIC ALGORITHM (GA)

2.1 Distributed Generation[2]

CIGRE telah mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai semua unit pembangkit dengan kapasitas maksimal berkisar sampai 50 MW dan dipasangkan ke jaringan distribusi. IEEE mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai pembangkitan yang menghasilkan energi dalam kapasitas yang lebih kecil dibandingkan pusat-pusat pembangkit konvensional dan dapat dipasangkan hampir pada setiap titik sistem tenaga listrik. IEA (2002) mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai unit-unit yang menghasilkan energi pada sisi konsumen atau dalam jaringan distribusi lokal. Semua definisi di atas menunjukkan bahwa pembangkitan dengan skala kecil yang dihubungkan ke jaringan distribusi dapat dianggap sebagai bagian dari DG. Selain itu, pembangkitan yang dipasangkan dekat dengan sisi beban atau konsumen juga dapat dikatakan sebagai *Distributed Generation*.

Distributed Generation seringkali disebut juga dengan *on-site generation*, *dispersed generation*, *embedded generation*, *decentralized generation*, atau *distributed energy*. Secara mendasar, DG menghasilkan energi listrik dari beberapa sumber energi yang berkapasitas kecil dan dihubungkan langsung pada jaringan distribusi.

Beberapa permasalahan teknis yang berhubungan dengan DG dapat memberikan beberapa variasi yang signifikan terhadap kapasitas pembangkitan dari DG itu sendiri. Oleh karena itu, perlu diperkenalkan pengkategorian yang tepat untuk mengklasifikasikan DG berdasarkan kapasitas pembangkitan yang dimilikinya. Terdapat empat jenis DG berdasarkan klasifikasi ini, yaitu :

Tabel 2.1 Klasifikasi Distributed Generation

Jenis DG	Kapasitas Pembangkitan
Micro DG (DG Mikro)	1 Watt – 5Kw
Small DG (DG Kecil)	5kW – 5MW
Medium DG (DG sedang)	5MW – 50 MW
Large DG (DG Besar)	50MW – 300 MW

2.2 Kapasitor[3]

Semakin panjang suatu penghantar listrik pada jaringan distribusi, maka semakin besar sifat induktansi (L) yang timbul dari penghantar tersebut. Ditambah bila suatu jaringan tidak memiliki sumber daya reaktif di daerah sekitar beban, maka akan mengalir arus reaktif pada jaringan, yang berakibat pada penurunan factor daya, peningkatan rugi-rugi jaringan, dan penurunan tegangan khususnya pada ujung saluran. Hal ini akan menimbulkan kerugian baik pada produsen dalam hal ini adalah PLN sebagai penyedia listrik maupun konsumen (pemakai listrik). Alternatif untuk mengurangi akibat dari meningkatnya arus reaktif ini adalah dengan melakukan kompensasi daya reaktif, yang bertujuan untuk transportasi daya reaktif pada jaringan tenaga listrik dan menjaga agar profil tegangan selalu berada pada batas-batas yang diijinkan. Alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan memasang kapasitor shunt. Kapasitor shunt berguna sebagai sumber daya reaktif tambahan untuk mengkompensasi daya induktif akibat pembebanan tersebut. Pemasangan kapasitor shunt ini diharapkan akan dapat menurunkan rugi-rugi yang berarti penghematan energi listrik, peningkatan kualitas tegangan dan kualitas daya (power quality), serta penurunan arus listrik yang mengalir pada beban sehingga dapat menambah beban tanpa perlu menambah atau membangun saluran yang baru.

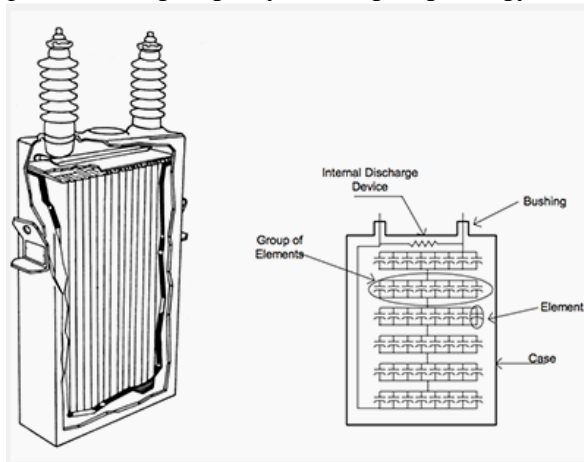
Salah satu jenis kapasitor dari beberapa jenis kapasitor yakni kapasitor daya frekuensi 50 atau 60 Hz, ini merupakan jenis kapasitor yang kembali terdiri dari tiga jenis, yakni kapasitor shunt, seri, dan penyadap. Kapasitor shunt digunakan untuk kompensasi beban induktif dan untuk pengaturan tegangan ujung transmisi. Kapasitor seri digunakan transmisi daya yang sangat panjang untuk mengkompensasi reaktansi induktif transmisi. Kapasitor penyadap digunakan untuk menyadap daya dari jaringan tegangan tinggi untuk keperluan daya yang tidak begitu besar.

Kapasitor pada sistem daya listrik menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki tegangan dan faktor daya, karenanya menambah kapasitor sistem akan mengurangi kerugian. Dalam kapasitor seri daya reaktif sebanding dengan kuadrat arus beban, sedang pada kapasitor paralel sebanding dengan kuadrat tegangan. Pemasangan peralatan kapasitor seri dan paralel pada jaringan distribusi mengakibatkan losses

akibat aliran daya reaktif pada saluran dapat dikurangi sehingga kebutuhan arus menurun dan tegangan mengalami kenaikan sehingga kapasitas sistem bertambah.

2.2.1 Kapasitor Shunt

Pengaruh Kapasitor shunt pada jaringan distribusi listrik radial yakni kapasitor ini terhubung paralel pada jaringan maupun langsung pada beban, dengan tujuan untuk perbaikan faktor daya, sebagai pengatur tegangan maupun untuk mengurangi kerugian daya dan tegangan pada jaringan (Deshpande, 1990). Kapasitor yang dipasang secara paralel membangkitkan daya reaktif negatif dan beban membangkitkan daya reaktif positif, Dengan anggapan tegangan sisi beban dipertahankan konstan, maka terlihat bahwa dengan menggunakan kapasitor shunt, maka arus reaktif yang mengalir pada saluran akan berkurang. Hal ini menyebabkan berkurangnya penurunan tegangan pada saluran, sehingga diperlukan tegangan sumber yang tidak berbeda jauh dengan tegangan terima. Berkurangnya arus reaktif yang mengalir pada saluran akan memberikan penurunan rugi-rugi daya dan rugi-rugi energy.



Gambar2.1 Kapasitor Shunt

Kapasitor shunt mensuplai daya reaktif atau arus untuk menetralkan komponen keluaran antar fasa dari arus yang diperlukan oleh beban induktif. Pembangkitan daya reaktif pada perencanaan daya dan pensuplaiannya ke beban-beban yang berlokasi pada jarak yang jauh adalah tidak ekonomis, tetapi dapat dengan mudah disediakan oleh kapasitor yang ditempatkan pada pusat beban. penurunan hasil daya reaktif dalam penurunan arus total, yang disebabkan oleh turunnya penyusutan daya. Sehingga koreksi faktor daya menghasilkan penghematan ekonomi dalam pengeluaran yang besar dan pengeluaran bahan bakar melalui pengurangan kapasitas kilovoltampere dan penurunan rugi daya dalam semua perlengkapan diantara titik yang dipasang kapasitor dan rencana sumber daya, termasuk saluran distribusi, trafo di gardu induk dan saluran transmisi. Peningkatan faktor daya adalah titik dimana keuntungan ekonomis dari pemasangan kapasitor shunt sama dengan harga dari kapasitor tersebut. kapasitor shunt memberikan keuntungan antara lain:

- a. Meningkatkan kemampuan pembangkitan generator.
- b. Meningkatkan kemampuan penyaluran daya pada jaringan transmisi.
- c. Meningkatkan kemampuan penyaluran daya gardu-gardu distribusi.
- d. Mengurangi rugi-rugi pada sistem distribusi.
- e. Menjaga kualitas tegangan pada sistem distribusi.
- f. Meningkatkan kemampuan feeder dan peralatan yang ada pada sistem distribusi.

2.3 Algoritma Genetika[4]

Algoritma Genetika (AG) merupakan algoritma komputasi yang terinspirasi dari teori evolusi yang dikemukakan oleh Charles Darwin dengan tujuan untuk mencari solusi dari suatu permasalahan. Landasan teori algoritma ini diajukan oleh John Holland dalam bukunya yang berjudul "*Adoption in Natural and Artificial Systems*" pada tahun 1975, yang kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh muridnya David Goldberg.

Kemunculan GA terinspirasi dari teori dalam ilmu biologi. Seperti namanya, proses-proses yang terjadi di dalam GA sama dengan apa yang terjadi di evolusi biologi. setiap individu dalam suatu spesies membawa gen yang berisi beberapa kromosom dalam bentuk DNA.

Masing-masing gen membawa beberapa informasi. Sebagai contoh gen yang mengkodekan warna mata manusia.

Konsep penting dari teori evolusi adalah *fitness* dan seleksi untuk proses reproduksi. Pada proses reproduksi dunia nyata, terdapat dua cara, yaitu reproduksi seksual dan reproduksi aseksual. Pada reproduksi seksual, kromosom dari dua individu (orang tua) dikombinasikan menjadi individu baru. Artinya kromosom pada individu baru berisi beberapa gen yang diambil dari orang tua pertama dan beberapa gen dari orang tua kedua. Hal ini disebut sebagai pindah silang. Namun demikian proses pengkopian gen orang tua ini tidak luput dari kesalahan yang disebut mutasi. Sedangkan pada reproduksi aseksual hanya satu individu orang tua yang diperhatikan, sehingga tidak terjadi proses pindah silang. Tetapi proses mutasi juga mungkin terjadi pada proses reproduksi aseksual.

GA banyak digunakan pada masalah praktis yang berfokus pada parameter optimal. Hal ini membuat banyak orang mengira bahwa GA hanya bisa digunakan untuk masalah optimasi. Pada kenyataannya GA juga memiliki performansi yang bagus untuk masalah selain optimasi.

Keuntungan penggunaan GA sangat jelas terlihat dari kemudahan implementasi dan kemampuannya untuk menemukan solusi terbaik secara cepat untuk masalah berdimensi tinggi. GA juga banyak diaplikasikan untuk menyelesaikan masalah dan pemodelan dalam bidang teknologi seperti :

a. Optimasi

GA digunakan untuk optimasi numeric dan optimasi kombinatorial seperti TSP, perancangan IC, optimasi video dan suara.

b. Pemrograman Otomatis

GA digunakan untuk melakukan proses evolusi terhadap pemrograman computer untuk merancang struktur komputasional.

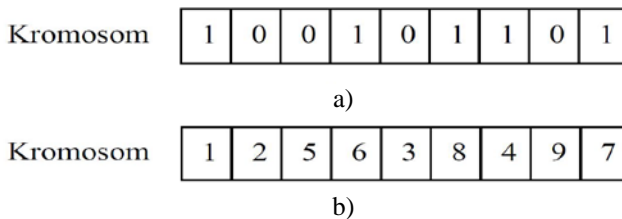
c. Pembelajaran Mesin

GA telah berhasil diaplikasikan untuk memprediksi struktur protein dan juga berhasil diaplikasikan dalam perancangan jaringan syaraf tiruan untuk melakukan proses evolusi terhadap aturan pada sistem klasifikasi pembelajaran atau sistem produksi simbolik. GA juga digunakan untuk mengontrol robot.

2.3.1 Struktur Algoritma Genetika

Algoritma Genetik merupakan suatu metoda pencarian acak yang didasarkan atas prinsip evolusi yang terjadi di alam. Dalam proses evolusi, individu secara terus menerus mengalami perubahan gen untuk menyesuaikan dengan lingkungan hidupnya. Hanya individu yang kuat yang mampu bertahan, sehingga dalam proses evolusi dapat diharapkan diperoleh individu yang terkuat. Proses seleksi alamiah ini melibatkan perubahan gen yang terjadi pada individu melalui proses perkembangbiakan untuk mendapat keturunan yang lebih baik. Struktur dasar yang perlu diketahui dalam Algoritma Genetika Adalah :

- a. Kromosom, adalah gabungan dari gen – gen yang membentuk nilai tertentu. Pemodelan kromosom sendiri dibedakan menjadi kromosom biner dan kromosom float (desimal) yang ditentukan oleh nilai pada Gen.



Gambar2.2 a)Pengkodean Kromosom Biner,
b)Pengkodean Kromosom Float (desimal)

- b. Genotype (Gen), adalah kombinasi satu atau beberapa kromosom yang membentuk fungsi kerja suatu organisme. Interaksi sekumpulan kromosom disebut dengan genotype. Dalam AG, gen ini biasa berupa nilai biner atau float (decimal).
- c. Loci, adalah representasi dari koordinat posisi gen.
- d. Individu, adalah kumpulan dari kromosom pada satu kesatuan yang menyatakan satu kemungkinan penyelesaian (solusi).
- e. Allele, adalah data nilai yang dimasukkan pada gen, nilai dapat berupa biner maupun float (desimal).

- f. Phenotype, adalah kumpulan kromosom yang merupakan solusi akhir dari hasil proses kromosom.
- g. Offspring, adalah kumpulan kromosom yang dihasilkan dari pindah silang pada individu sebelumnya.
- h. Populasi, adalah kumpulan individu (kromosom yang menjadi satu) sebagai dasar untuk pengolahan seleksi alamiah.
- i. Generasi, adalah satu proses pengulangan (*loop*) pada proses seleksi alamiah yang dimulai dari satu populasi hingga membentuk populasi baru.

2.4 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen, Jadi fungsi *distribusi tenaga listrik* adalah:

1. pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).
2. merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Berdasarkan tingkat tegangan distribusinya sistem distribusi dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem, yaitu :

1. Sistem distribusi primer
2. Sistem distribusi sekunder

Sistem distribusi primer adalah bagian awal dari sistem distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yang berawal dari pusat *supply* daya (Gardu Induk) kepusat – pusat beban. konstruksi sistem distribusi ini secara umum terpasang sepanjang daerah yang dialiri tenaga listrik dengan membentuk jaringan sampai kepusat beban paling akhir. Nilai tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah meliputi tegangan menengah 6 KV sampai 20 KV, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah.

Sistem distribusi sekunder adalah bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik secara langsung dari Gardu Induk menuju langsung ke masing – masing konsumen, seperti untuk *mensupply* tenaga listrik pada

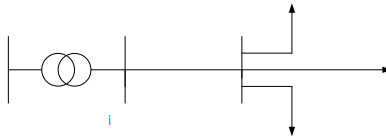
daerah perumahan biasa (kecil), pada daerah industri ringan di kota – kota maupun pedesaan, untuk penerangan jalan, dan sebagainya. Sedangkan sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem 1 fasa dengan dua kawat maupun sistem 3 fasa dengan empat kawat. Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah 127/220 Volt atau 220/380 Volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah.

Ada beberapa bentuk sistem jaringan yang umum dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial.
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*).
3. Sistem jaringan distribusi *mesh*.
4. Sistem jaringan distribusi *spindle*.

2.4.1 Sistem Jaringan Distribusi Radial [1]

Bentuk Jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Sistem ini dikatakan radial karena dari bentuk nyatanya bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari Gardu Induk ke pusat – pusat beban yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*Trunk Line*) dan saluran cabang (*Lateral*) seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sistem jaringan distribusi radial

Pelayanan tenaga listrik untuk suatu wilayah beban tertentu direalisasikan dengan memasang transformator pada sembarang titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan wilayah beban yang dilayaninya. Transformator ini berguna untuk menurunkan tegangan sistem agar dapat dikonsumsi pada beban konsumen. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

Ditinjau dari besar penampang, saluran yang terdekat dengan sumber akan memiliki penampang terbesar, kemudian akan berangsur – angsur mengecil ke arah ujung saluran. Hal ini disebabkan karena semakin dekat dengan sumber, maka kerapatan arusnya akan semakin besar.

Kelemahan yang dimiliki oleh sistem radial adalah *drop* tegangannya cukup besar dan bila terjadi gangguan pada sistem akan mengakibatkan jauhnya sebagian atau bahkan keseluruhan beban sistem. Sedangkan keuntungannya adalah biaya pembangunannya relatif murah, pemeliharaannya sederhana dan mudah untuk menentukan letak gangguan yang terjadi pada sistem.

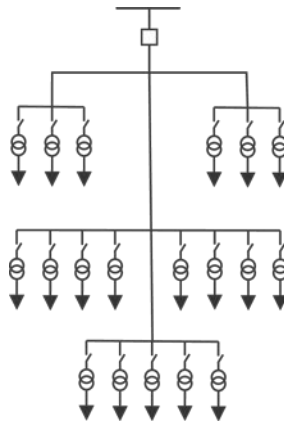
Sistem radial ini kurang cocok dipergunakan untuk menyalurkan beban seperti rumah sakit, instalasi militer atau beban lainnya yang memerlukan tingkat keandalan yang cukup tinggi.

Sistem distribusi radial ini mempunyai beberapa bentuk modifikasi, antara lain :

1. Sistem Radial Pohon.
2. Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah.
3. Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area.
4. Sistem Radial dengan Pusat Beban.
5. Sistem Margerithe.

2.4.2 Sistem Radial Pohon

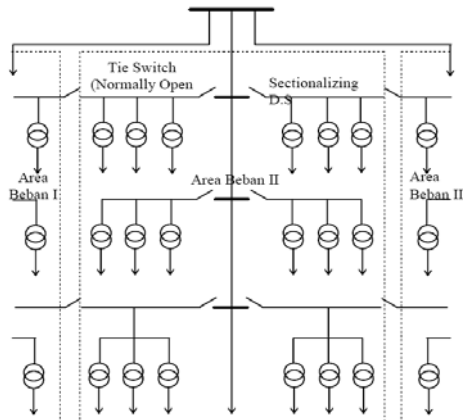
Sistem jaringan radial pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (*main feeder*) ditarik dari suatu Gardu Induk sesuai dengan kebutuhan, kemudian dicabangkan melalui saluran cabang (*lateral feeder*), selanjutnya dicabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*sub lateral feeder*). Ukuran dari masing – masing saluran tergantung dari kerapatan arus yang ditanggung. *Main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar, selanjutnya arus ini mengecil pada tiap cabang tergantung dari besar beban. Bentuk sistem jaringan distribusi radial pohon dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Jaringan distribusi radial pohon

2.4.3 Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah

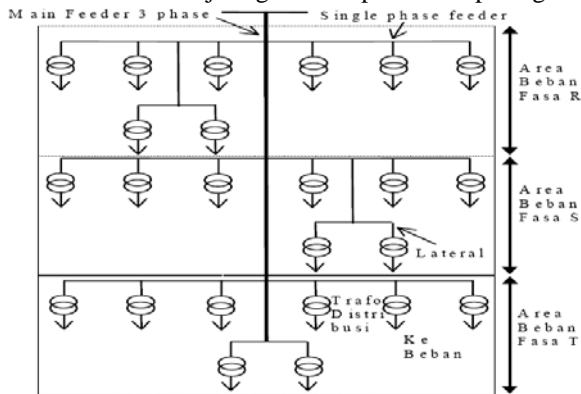
Pada system dengan tie dan switch pemisah ini system dasar yang digunakan masih tetap system radial, namun kekurangan dari system radial dalam segi keandalan saat terjadi gangguan akan dapat segera diatasi dengan pemasangan *tie* dan *switch* pada *feeder* yang mengalami gangguan. Sistem radial dengan *tie* dan *switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Sistem jaringan distribusi radial dengan *tie* dan *switch* pemisah

2.4.4 Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area

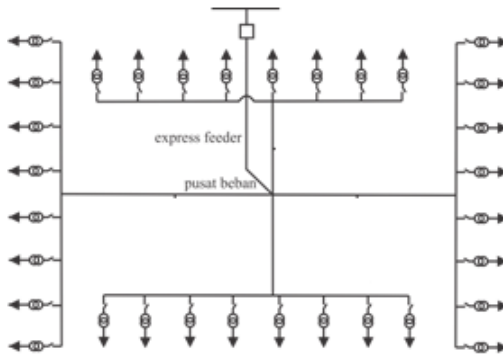
Pada system ini pembebanan dilakukan pada daerah yang berlainan spesifikasi data bebannya. Bedanya data pembebanan ini mengakibatkan kondisi system tiga fasa tidak seimbang. Sehingga penggunaan pada daerah beban yang awal atau baru akan membuat keandalan yang bagus dengan system ini akan susah didapatkan. Maka dari itu hanya cocok untuk daerah beban yang stabil atau rata pada setiap fasanya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Sistem jaringan distribusi radial dengan *phase area*

2.4.5 Sistem Radial dengan Pusat Beban

System ini merupakan system radial dengan pusat beban yang mensupply daya dengan menggunakan saluran utama (main feeder/express feeder) yang dihubungkan langsung pada pusat beban, pada titik pusat beban ini lalu menyebar saluran pembebanan menggunakan *backfeeder* yang dirangkai secara radial seperti gambar 2.7. pada system ini keandalan dari saluran utama harus dapat memenuhi keseluruhan data pembebanan yang ditanggungsnya. Karena hanya melalui saluran utama aliran distribusi listrik dapat mengalir menuju daerah beban.

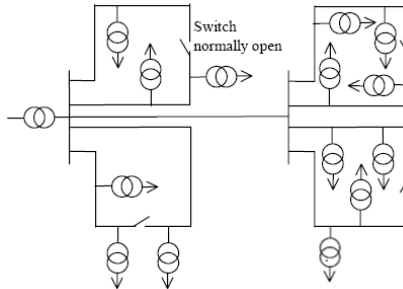


Gambar 2.7 Sistem jaringan distribusi radial dengan pusat beban

2.4.6 Sistem Margerithe

Sistem Margerithe adalah system pengembangan dari sistem radial dengan dua atau lebih saluran primer yang ditarik secara radial kepusat – pusat beban yang dibutuhkan. Pada titik pusat beban ini daya disebar secara radial tetapi antara masing – masing salurannya dapat dihubungkan satu sama lainnya melalui suatu alat pemisah/penghubung yang dipasang diantara saluran – saluran tersebut. gambar 2.8 menunjukkan bentuk umum jaringan dengan sistem margerithe.

Alat pemisah atau penghubung yang terpasang diantara saluran – saluran tersebut secara umum bukan dari jenis pemutus beban otomatis. Pada keadaan normal saklar pemisah atau penghubung berada pada posisi terbuka sedangkan pada saat salah satu saluran sistem mengalami gangguan maka daerah dibelakang titik gangguan tersebut dapat dicatu melalui saluran sistem yang lain dengan cara memutus saklar pemisah atau penghubung tersebut. Tingkat kontinuitas pelayanan pada sistem Margerithe lebih baik dibandingkan dengan sistem radial biasa dan secara umum dipergunakan untuk mencatu daerah perkotaan dengan kerapatan beban sedang dan bebannya tidak *uniform*.



Gambar 2.8 Sistem margerithe

2.5 Deviasi Tegangan

Deviasi tegangan merupakan salah satu jenis gangguan kualitas daya berupa selisih magnitude yang dihasilkan dari bus sumber dengan bus saluran. Deviasi tegangan sendiri memiliki dua kondisi, yaitu kondisi *undervoltage* dan *overvoltage*.

2.5.1 Under Voltage dan Over Voltage

Dari beragam permasalahan **power quality**, tegangan turun (*under voltage*) dan tegangan lebih (*Over Voltage*) adalah problem yang tergolong sebagai problem klasik. Problem ini di alami oleh hampir semua wilayah, terlebih di wilayah yang berdekatan dengan kawasan Industri.

Dalam terminologi power quality, under voltage dikategorikan sebagai fenomena *long duration voltage variation*. Berbeda dengan *voltage DIP* yang berlangsung cepat, under voltage biasanya terjadi dalam kurun waktu diatas 1 menit. Menurut **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)**, penurunan tegangan biasanya berkisar menjadi 80 % hingga 90% dari nominal voltagenya., namun rata- rata perusahaan membatasi penurunan tegangan hanya berada pada 95% dari nomila voltagenya.

Penyebab dari *undervoltage* sendiri cukup beragam. Pada intinya, under voltage dihasilkan oleh adanya low distribution voltage yang digunakan untuk mensupply beban-beban yang berarus tinggi (*heavy load*). Under voltage juga dapat ditimbulkan oleh adanya proses switching off dari capasitor bank.

Meski tergolong sebagai problem klasik, fenomena ini tentu tak dapat dianggap remeh. Undervoltage dapat mengakibatkan *overheat*, *malfunction* hingga *premature fail* (kerusakan dini). Beberapa perangkat yang sering menjadi sasaran adalah perangkat-perangkat yang menggunakan motor seperti refrigerators, dryers dan air conditioners. Sementara itu, perangkat-perangkat perangkat yang menggunakan battery charging seperti UPS dapat mengalami kegagalan pengisian.

Over Voltage sendiri adalah naiknya amplitudo tegangan dalam waktu yang cukup lama. Penyebab terjadinya *Under Voltage* adalah karena pengkawatan pada system yang kurang baik dan pembebanan yang berlebih pada system (*overloaded*). Sedangkan penyebab terjadinya *over voltage* adalah salah satunya karena *seting tap* transformator yang kurang sesuai dan pembebanan yang kurang pada system (*underloaded*).

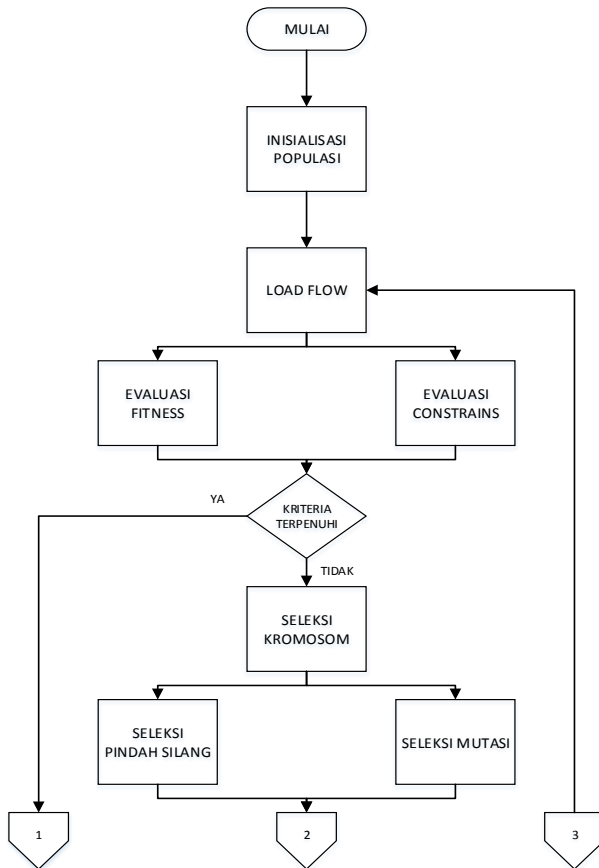
dampak dari *over voltage* juga menyebabkan degradasi pada peralatan elektronik (berkurangnya masa penggunaan alat), dapat merusak belitan rotor dan membuat motor cepat panas.

BAB III

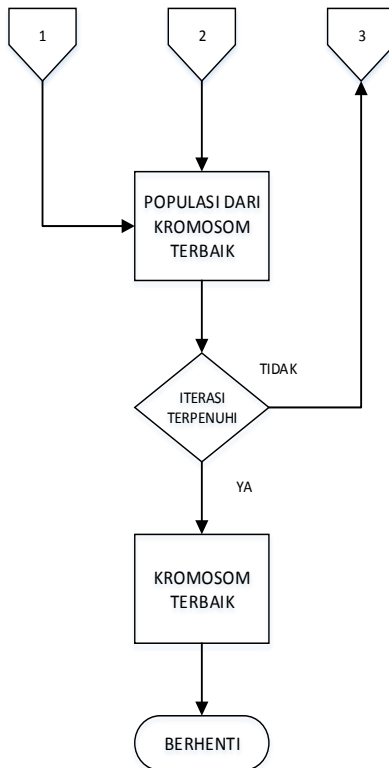
PENEMPATAN DG DAN KAPASITOR PADA SISTEM DISTIBUSI 33 BUS MENGGUNAKAN GA

3.1 Pemodelan Sistem

Pemodelan system dilakukan untuk mengetahui parameter parameter yang akan digunakan dalam pembuatan program. Pemodelan system keseluruhan dapat dilihat pada flowchart gambar3.1.



Gambar3.1 Flowchart GA pada Seluruh Sistem



Gambar3.2 Flowchart GA pada seluruh system (cont)

Flowchart di atas menunjukkan penerapan genetika algoritma terhadap system yang akan dikerjakan. Penjelasan dari flowchart akan dibagi menjadi beberapa point agar mempermudah dalam pemahamannya, yaitu :

1. Pemodelan Algoritma Genetika Pada Lokasi DG dan Kapasitor
2. Fungsi Objektif
3. Batasan (*constrain*)
4. Pemodelan Algoritma Genetika Pada Sistem IEEE33 Bus

3.2 Pemodelan Algoritma Genetika Pada Lokasi DG dan Kapasitor

Pemodelan Genetik Algoritma pada system digunakan untuk mempermudah mendapatkan system dengan keadaan yang diinginkan (optimal) tanpa harus mencoba semua kemungkinan secara manual, melainkan perhitungan diganti dengan algoritma genetic yang melalui proses pindah silang (crossover) dan mutate (mutate) yang nantinya dievaluasi sesuai dengan batasan (constrain) dan fungsi objektif yang telah dibahas pada subbab sebelumnya.

Untuk mempermudah pemodelan Genetik Algoritma. Disusun point-point yang merupakan proses pada Genetik Algoritma, yaitu :

1. Penentuan variabel awal
2. Inisialisasi populasi
3. Pengkodean kromosom
4. Evaluasi populasi
5. Seleksi pindah silang
6. Seleksi mutase
7. Elitisme
8. Iterasi

3.2.1 Penentuan Variabel Awal

Penentuan variabel awal dibutuhkan sebagai parameter nilai sebelum genetik algoritma bekerja. Variabel awal yang dimaksud yaitu :

a) Kapasitas P

Berisi nilai maksimum dari kapasitas DG yang akan dipasang pada system, nilai yang terpasang berupa daya aktif P(MW). Nilai P yang akan dipasang selama proses adalah max 5MW yang merupakan batas maksimum daya keluaran dari jenis Distributed Generation tipe kecil.

b) Kapasitas Q

Berisi nilai maksimum dari kapasitas kapasitor yang akan dipasang pada system, nilai yang terpasang berupa daya reaktif Q(MVar). Nilai Q yang akan dipasang selama proses adalah max 1MVar yang merupakan kapasitas kapasitor terbesar yang tersedia.

c) Jumlah DG

Jumlah *Distributed Generation* (DG) yang akan dipasang pada system ditentukan secara manual agar kondisi pengoptimalan pada system beragam

d) Jumlah Kapasitor

Jumlah kapasitor yang akan dipasang pada system ditentukan secara manual agar kondisi pengoptimalan pada system beragam

e) Ukuran Populasi

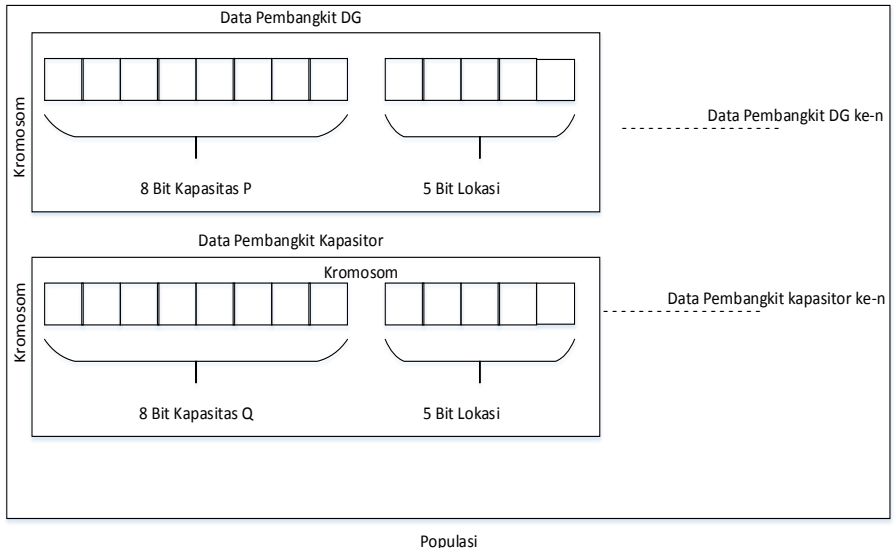
Ukuran populasi merupakan kumpulan dari kromosom yang berisi data lokasi dan kapasitas yang akan dioptimalkan

f) Jumlah Generasi

Jumlah generasi merupakan kumpulan kromosom terbaik dari tiap populasi yang mengalami proses seleksi sebelumnya

3.2.2 Inisialisasi Populasi

Seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Bahwa populasi merupakan kumpulan dari kromosom yang berisi data data yang akan diolah oleh genetik algoritma. Proses ini merupakan terbentuknya kromosom yang berisikan data pada variabel awal yaitu jumlah DG dan kapasitor seperti pada Gambar3.3



Gambar 3.3 Inisialisasi Populasi dalam Genetik Algoritma

3.2.3 Pengkodean Kromosom

Pengkodean kromosom dilakukan agar data informasi yang terdapat pada kromosom dapat diterjemahkan atau diterapkan pada system. Pengkodean dilakukan dengan mencocokkan pola kromosom yang timbul dengan database data yang nilai parameternya sudah ditentukan sebelumnya.

3.2.4 Evaluasi Populasi

Evaluasi populasi dilakukan agar mengetahui kualitas kromosom pada populasi yang telah terbentuk dalam bentuk nilai yang dinamakan fungsi "*fitness*". Fungsi *fitness* ini berisikan formulasi dari "Fungsi Objektif" yang merupakan representasi dari nilai deviasi tegangan. *Fitness* terbaik adalah *fitness* dengan nilai paling kecil.

Evaluasi populasi memproses kromosom berisikan data lokasi dan kapasitas pembangkitan yang telah diterapkan pada system (IEEE33 Bus).

3.2.5 Seleksi Pindah Silang

Komponen pindah silang digunakan untuk membentuk keturunan baru berdasarkan orangtua yang terpilih. Komponen ini sangat dominan dalam algoritma genetik dibandingkan dengan komponen mutasi. Dan jumlah kromosom yang digunakan sebanyak dua buah kromosom.

Pindah silang dilakukan dengan harapan kromosom-kromosom baru akan mempunyai bagian baik dari kromosom-kromosom lama dan tidak menutup kemungkinan menjadi kromosom-kromosom yang lebih baik

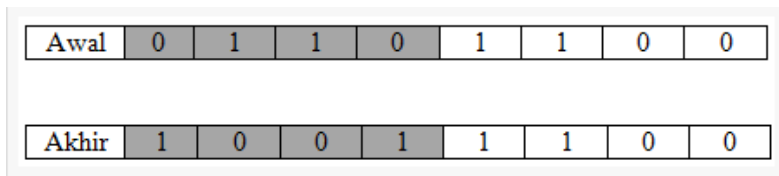
Skema dari pindah silang ini ialah, dengan mendapatkan dua buah individu orang tua, selanjutnya ditentukan titik pindah silang secara acak. Jika diasumsikan L adalah panjang kromosom, maka titik pindah silang berada diantara 1 hingga $L-1$, kemudian beberapa bagian dari dua kromosom ditukar pada titik pindah silang yang terpilih. Titik pindah silang ialah titik terjadinya pertukaran gen antar dua individu orang tua.



Gambar3.4 Pindah Silang

3.2.6 Seleksi Mutasi

Mutasi diperlukan untuk mengembalikan informasi bit yang hilang akibat pindah silang. Mutase diterapkan dengan probabilitas yang sangat kecil. Jika mutase dilakukan terlalu sering, maka akan menghasilkan individu yang lemah karena konfigurasi gen pada individu yang unggul akan rusak



Gambar3.5 Mutasi

3.2.7 Elitisme

Karena seleksi dilakukan secara acak, maka tidak ada jaminan bahwa suatu kromosom bernilai *fitness* tertinggi akan selalu terpilih. Kalaupun individu bernilai *fitness* tertinggi terpilih, mungkin saja akan merusak karena proses pindah silang. Untuk menjaga agar kromosom bernilai *fitness* tertinggi tersebut tidak hilang selama proses seleksi, maka dibuat proses yang dikenal sebagai *elitisme* sebagai tempat untuk menyimpan kromosom yang bernilai *fitness* terbaik.

3.2.8 Iterasi

Iterasi adalah pengulangan suatu proses dengan nilai baru yang didapatkan dari hasil proses pada iterasi sebelumnya.

Iterasi pada genetika algoritma berjenis *generation replacement*. N individu pada suatu generasi digantikan sekaligus oleh N individu baru hasil pindah silang dan mutasi. Untuk mempertahankan individu terbaik, diperlukan skema elitism yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya

Adapun prosedur penggantian populasi pada algoritma genetika ialah :

1. Mengganti individu yang memiliki nilai *fitness* terkecil
2. Mengganti individu yang paling tua/jelek.

3.3 Fungsi Objektif

Fungsi Objektif adalah fungsi yang nilainya akan dioptimalkan. Fungsi Objektif bias bernilai maksimum dan minimum.

Dalam pemodelan sistem tugas akhir ini akan digunakan fungsi objektif untuk meminimalkan nilai deviasi tegangan bus sistem sehingga tegangan tiap bus sistem berada pada nilai “optimal” Dengan formulasi fungsi objektifnya :

$$f_{obj} = \max - \left(\frac{V_{base} - V_i}{V_{base}} \right)$$

Indeks ‘i’ merupakan indeks dari nomor bus dan V_{base} merupakan nilai acuan yang dibutuhkan pada sistem yang bernilai 12.66Kv. Hasil yang diharapkan dari fungsi objektif adalah nilai yang mendekati 0(p.u), yang menandakan nilai tegangan tiap bus tidak mengalami gangguan berupa deviasi tegangan. Untuk nilai fungsi objektif negatif menunjukkan bahwa tegangan bus berada pada kondisi *undervoltage* dan kondisi *overvoltage* ditandai dengan nilai sebaliknya.

3.4 Batasan (*constrain*)

Batasan atau *constrain* adalah aturan yang berupa parameter nilai yang harus dilalui pada suatu proses sebagai fungsi seleksi. Batasan membuat proses seleksi menjadi lebih efektif karena adanya suatu kondisi yang harus dipenuhi. Batasan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah:

$$V_{min} < V_{bus} < V_{maks}$$

$$V_{min} = \frac{V_{base} - 5\% \times V_{base}}{V_{base}}$$

$$V_{max} = \frac{V_{base} + 5\% \times V_{base}}{V_{base}}$$

batasan tersebut merupakan standar toleransi tegangan yang diperbolehkan pada bus system yang berlaku pada perusahaan besar kebanyakan, yaitu bernilai max 1.05 p.u dan min 0.95 p.u.

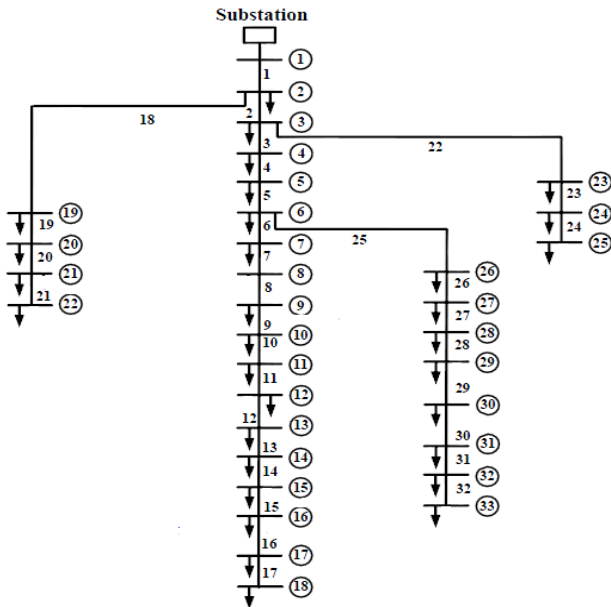
3.5 Pemodelan Algoritma Genetika Pada Sistem IEEE33 Bus

Pemodelan Algoritma Genetika pada sistem IEEE33 Bus adalah penerapan Algoritma Genetika pada sistem yang digunakan. Sistem yang digunakan adalah jaringan distribusi IEEE33 Bus. Adapun parameter parameter yang dibutuhkan dalam pemodelan sistem, yaitu :

1. Single Line Jaringan Distribusi IEEE33 Bus
2. Data Saluran Sistem
3. Data Pembebanan Sistem

3.5.1 Single Line Jaringan Distribusi IEEE33 Bus[5]

System jaringan yang digunakan adalah jaringan distribusi IEEE 33 bus dengan rating tegangan 12.66KV. system ini berbentuk radial dengan cabang/section 4 buah (gambar3.1). System yang digunakan adalah system tiga fasa seimbang, dimana fasa dari R,S dan T mempunyai nilai impedansi dan nilai pembebanan yang sama. Sehingga pada penulisan tugas akhir ini hanya digunakan salah satu fasanya saja. Dengan mengetahui single line dari suatu system akan mempermudah dalam menganalisa aliran daya yang terjadi pada system



Gambar 3.6 Single Line Diagram Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus

3.5.2 Data Saluran System

Tabel3.1 Data saluran Sistem

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		R	X
1	2	0.0922	0.0470
2	3	0.0493	0.2511
3	4	0.0366	0.1864
4	5	0.3811	0.1941
5	6	0.8190	0.7070
6	7	0.1872	0.6188
7	8	0.7144	0.2351
8	9	1.0300	0.7400
9	10	1.0400	0.7400

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		R	X
10	11	0.1966	0.0640
11	12	0.3744	0.1238
12	13	1.4680	1.1550
13	14	0.5416	0.7129
14	15	0.5910	0.0526
15	16	0.7463	0.5450
16	17	1.2890	1.7210
17	18	0.7320	0.5740
2	19	0.1640	0.1565
19	20	1.5042	1.3554
20	21	0.4095	0.4784
21	22	0.7089	0.9373
3	23	0.4512	0.3083
23	24	0.8980	0.7091
24	25	0.8960	0.7011
6	26	0.2030	0.1034
26	27	0.2842	0.1447
27	28	1.0590	0.9337
28	29	0.8042	0.7006
29	30	0.5075	0.2585
30	31	0.9744	0.9630
31	32	0.3105	0.3619
32	33	0.3410	0.5302

Data saluran system digunakan dalam perhitungan aliran daya pada system. Data saluran berisi informasi nilai impedansi yang berlaku pada saluran system tersebut

3.5.3 Data Pembebanan Sistem

Tabel 3.2 Data Pembebanan Sistem

No Bus	Data Pembebanan		No Bus	Data Pembebanan	
	P(MW)	Q(MVar)		P(MW)	Q(MVar)
1	0.100	0.060	20	0.090	0.040
2	0.090	0.040	21	0.090	0.040
3	0.120	0.080	22	0.090	0.050
4	0.060	0.030	23	0.420	0.200
5	0.060	0.020	24	0.420	0.200
6	0.200	0.100	25	0.060	0.025
7	0.200	0.100	26	0.060	0.025
8	0.060	0.020	27	0.060	0.020
9	0.060	0.020	28	0.120	0.070
10	0.045	0.030	29	0.200	0.600
11	0.060	0.035	30	0.150	0.070
12	0.060	0.035	31	0.210	0.100
13	0.120	0.080	32	0.060	0.040
14	0.080	0.010	33	0.100	0.060
15	0.060	0.020	Data pembebanan digunakan untuk mengetahui nilai pembebanan yang berlaku pada system. Data pembebanan berupa beban daya aktif (MW) dan daya reaktif (MVar)		
16	0.060	0.020			
17	0.090	0.040			
18	0.090	0.040			
19	0.090	0.040			

Jumlah total beban daya aktif pada sistem adalah 3.72 MW dan beban daya reaktifnya 2.3 Mvar

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

SIMULASI DAN ANALISIS

Simulasi dan analisis dilakukan untuk mengolah pemodelan system yang tersusun pada bab sebelumnya, setelah simulasi dijalankan dan menghasilkan nilai perhitungan, dilakukan analisa untuk mengetahui kesimpulan dari pemodelan system yang telah dibuat. Untuk validasi kebenaran hasil simulasi akan dibandingkan dengan hasil perhitungan pada simulasi ETAP. Pemodelan system diolah dan disusun dengan software MATLAB. Agar hasil simulasi dan analisis dapat terlihat dengan jelas, maka simulasi dan analisis dibagi menjadi beberapa point, yaitu :

1. Aliran daya awal
2. Optimasi menggunakan GA untuk menentukan lokasi DG
3. Optimasi menggunakan GA untuk menentukan lokasi kapasitor
4. Optimasi menggunakan GA untuk menentukan lokasi DG dan kapasitor
5. Analisa Keseluruhan Point
6. Validasi

4.1 Aliran Daya Awal

Simulasi aliran daya awal dilakukan untuk mengetahui kondisi atau karakteristik dari system seperti nilai tegangan dan arus tiap bus sehingga didapatkan nilai rugi-rugi daya deviasi tegangan pada system.

Simulasi aliran daya awal didapatkan nilai tegangan bus(p.u) dan nilai deviasi tegangan bus pada system, yang ditunjukkan pada tabel 4.1 dan tabel 4.2

Tabel 4.1 Tegangan tiap bus pada system

Bus	Tegangan (p.u)	Bus	Tegangan (p.u)	Bus	Tegangan (p.u)
1	1.000	12	0.927	23	0.979
2	0.997	13	0.921	24	0.973
3	0.983	14	0.918	25	0.969
4	0.975	15	0.917	26	0.948
5	0.968	16	0.916	27	0.945
6	0.950	17	0.914	28	0.934
7	0.946	18	0.913	29	0.926
8	0.941	19	0.997	30	0.922

Bus	Tegangan (p.u)	Bus	Tegangan (p.u)	Bus	Tegangan (p.u)
9	0.935	20	0.993	31	0.918
10	0.929	21	0.992	32	0.917
11	0.928	22	0.992	33	0.917

Tabel4.2 Deviasi Tegangan tiap bus pada sistem

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.073	23	-0.021
2	-0.003	13	-0.079	24	-0.027
3	-0.017	14	-0.082	25	-0.031
4	-0.025	15	-0.083	26	-0.052
5	-0.032	16	-0.084	27	-0.055
6	-0.050	17	-0.086	28	-0.066
7	-0.054	18	-0.087	29	-0.074
8	-0.059	19	-0.003	30	-0.078
9	-0.065	20	-0.007	31	-0.082
10	-0.071	21	-0.008	32	-0.083
11	-0.072	22	-0.008	33	-0.083

Pada tabel4.1 menampilkan tegangan bus system, kolom yang digelapkan menandakan bahwa bus berada diluar batasan toleransi yang ditentukan sebelumnya ($\pm 5\%$ 1 p.u), kondisi *undervoltage* muncul pada bus 7 sampai 18 dan muncul kembali pada bus 26 sampai 33.

Pada tabel4.2 menampilkan nilai deviasi tegangan pada system, indeks negative menunjukkan kondisi tegangan bus yang kurang dari nilai tegangan yang seharusnya dan juga pada indeks positif menunjukkan kondisi tegangan bus melebihi dari nilai tegangan yang seharusnya. Kondisi yang sama pada tabel4.1 juga terjadi pada tabel4.2, nilai deviasi tegangan yang melebihi batas yang ditentukan ($\pm 5\%$) ditandai dengan kolom yang digelapkan.

4.2 Optimasi Menggunakan GA Untuk Lokasi dan Ukuran DG

Simulasi optimasi menggunakan GA pada system dibutuhkan untuk mendapatkan lokasi yang optimal untuk memasang DG, Pemasangan DG dengan suplai daya aktifnya akan memperbaiki system

menjadi lebih baik, sehingga system memiliki nilai deviasi minimum dan berada pada standar $\pm 5\%$.

Simulasi akan dibagi dalam beberapa kondisi agar memudahkan proses analisa system, kondisi akan berhenti saat didapatkan system dengan nilai deviasi minimum tidak melebihi $\pm 5\%$, kondisinya yaitu :

1. Kondisi 1 : Pemasangan 1 buah DG max 1 MW($25\% P_{\text{totload}}$)
2. Kondisi 2 : Pemasangan 1 buah DG max 2 MW($50\% P_{\text{totload}}$)
3. Kondisi 3 : Pemasangan 1 buah DG max 3 MW($80\% P_{\text{totload}}$)
4. Kondisi 4 : Pemasangan 2 buah DG max 1 MW

4.2.1 Hasil Simulasi GA Untuk menentukan Lokasi dan Ukuran DG yang Optimal

Pada sub bab ini akan ditampilkan hasil simulasi GA untuk menentukan lokasi dan ukuran DG yang optimal sesuai dengan kondisi yang sudah ditentukan pada sub bab sebelumnya. Hasil yang ditampilkan adalah nilai deviasi tegangan tiap bus pada system

1. Kondisi 1 : Pemasangan 1 buah DG max 1 MW

Tabel4.3 hasil penempatan DG pada system menggunakan GA(1).

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.036	23	-0.017
2	-0.002	13	-0.042	24	-0.023
3	-0.013	14	-0.044	25	-0.027
4	-0.018	15	-0.046	26	-0.038
5	-0.023	16	-0.047	27	-0.041
6	-0.036	17	-0.049	28	-0.052
7	-0.038	18	-0.050	29	-0.060
8	-0.039	19	-0.003	30	-0.063
9	-0.038	20	-0.006	31	-0.068
10	-0.038	21	-0.007	32	-0.068
11	-0.037	22	-0.008	33	-0.069

Tabel4.4 lokasi penempatan DG pada system menggunakan GA(1)

	Jumlah	Ukuran Terpasang (MW)	Lokasi (Bus)
DG	1	0,95	@ 15

2. Kondisi 2 : Pemasangan 1 buah DG max 2 MW

Tabel4.5 hasil penempatan DG pada system menggunakan GA(2)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.022	23	-0.013
2	-0.002	13	-0.028	24	-0.020
3	-0.010	14	-0.030	25	-0.023
4	-0.013	15	-0.031	26	-0.025
5	-0.015	16	-0.033	27	-0.028
6	-0.023	17	-0.035	28	-0.039
7	-0.025	18	-0.035	29	-0.047
8	-0.021	19	-0.002	30	-0.050
9	-0.014	20	-0.006	31	-0.054
10	-0.020	21	-0.007	32	-0.055
11	-0.021	22	-0.007	33	-0.056

Tabel4.6 lokasi penempatan DG pada system menggunakan GA(2)

	Jumlah	Ukuran Terpasang (MW)	Lokasi (Bus)
DG	1	1,88	@ 9

3. Kondisi 3 : Pemasangan 1 buah DG max 3 MW

Tabel4.7 hasil penempatan DG pada system menggunakan GA(3)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	0.022	23	-0.011
2	-0.001	13	0.041	24	-0.017
3	-0.007	14	0.047	25	-0.021
4	-0.008	15	0.056	26	-0.016
5	-0.009	16	0.067	27	-0.018
6	-0.014	17	0.065	28	-0.029
7	-0.015	18	0.065	29	-0.037
8	-0.008	19	-0.002	30	-0.041
9	0.003	20	-0.006	31	-0.045
10	0.015	21	-0.006	32	-0.046
11	0.017	22	-0.007	33	-0.046

Tabel4.8 lokasi penempatan DG pada system menggunakan GA(3)

	Jumlah	Ukuran Terpasang (MW)	Lokasi (Bus)
DG	1	2,85	@ 16

4. Kondisi 4 : Pemasangan 2 buah DG max 1 MW

Tabel4.9 hasil penempatan DG pada system menggunakan GA(4)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.023	23	-0.013
2	-0.002	13	-0.020	24	-0.020
3	-0.010	14	-0.019	25	-0.023
4	-0.012	15	-0.020	26	-0.023
5	-0.015	16	-0.021	27	-0.024
6	-0.023	17	-0.023	28	-0.028
7	-0.025	18	-0.024	29	-0.031
8	-0.025	19	-0.002	30	-0.032
9	-0.025	20	-0.006	31	-0.030
10	-0.024	21	-0.007	32	-0.031
11	-0.024	22	-0.007	33	-0.031

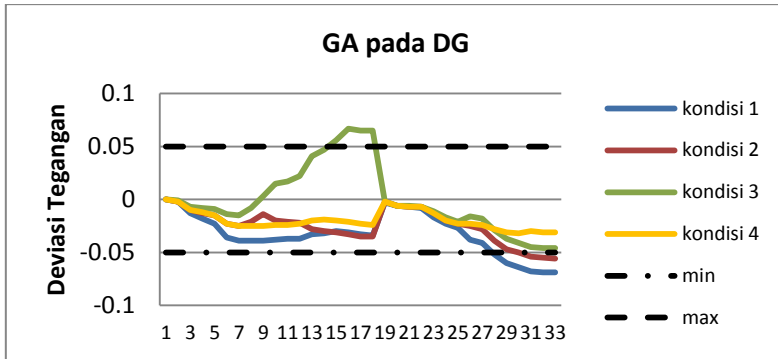
Tabel4.10 lokasi penempatan DG pada system menggunakan GA(4)

	Jumlah	Ukuran Terpasang (MW)	Lokasi (Bus)
DG	2	0,95	@ 14, 31

4.2.2 Analisa hasil Simulasi GA Untuk menentukan Lokasi dan Ukuran DG yang Optimal

Tabel4.11 Hasil Analisa Keseluruhan

Kondisi	Deviasi Tegangan		Kategori Sistem
	Terbesar	Terkecil	
Kondisi 1	0,000 (1)	-0,069 (32,33)	Undervoltage
Kondisi 2	0,000 (1)	-0,056 (33)	Undervoltage
Kondisi 3	0,067 (16)	-0,046 (33)	Overvoltage
Kondisi 4	0,000 (1)	-0,031 (29,32,33)	Optimal



Gambar4.1 perbandingan deviasi tiap kondisi

Seperti yang terlihat pada tabel4.11 dan gambar4.1 menunjukkan bahwa banyaknya jumlah DG yang terpasang (kondisi 4) akan lebih efektif untuk memperbaiki system menjadi optimal dibandingkan dengan memperbesar ukuran kapasitas pemasangan. dengan satu buah DG kapasitas 25% - 80% dari total beban daya aktif masih belum cukup untuk membuat system berada pada kondisi optimal, kapasitas yang terpasang terlalu kecil akan mengakibatkan system berada pada kondisi undervoltage (kondisi 1 dan 2) dan apabila kapasitas yang terpasang terlalu besar akan mengakibatkan system berada pada kondisi overvoltage yang muncul pada bus 16, 17 dan 18.

4.3 Optimasi Menggunakan GA Untuk Lokasi dan Ukuran Kapasitor

Simulasi optimasi menggunakan GA pada system dibutuhkan untuk mendapatkan lokasi pemasangan kapasitor yang optimal, Pemasangan Kapasitor sebagai kompensator daya reaktif memperbaiki system menjadi lebih baik, sehingga system memiliki nilai deviasi minimum dan berada pada standar $\pm 5\%$.

Simulasi akan dibagi dalam beberapa kondisi agar memudahkan proses analisa system, kondisi akan berhenti saat didapatkan system dengan nilai deviasi minimum tidak melebihi $\pm 5\%$, kondisinya yaitu :

1. Kondisi 1 : Pemasangan 1 buah Kapasitor max 0,5 MVar ($25\% Q_{\text{totload}}$)
2. Kondisi 2 : Pemasangan 1 buah Kapasitor max 1 MVar ($50\% Q_{\text{totload}}$)
3. Kondisi 3 : Pemasangan 2 buah Kapasitor max 0,5 MVar
4. Kondisi 4 : Pemasangan 2 buah Kapasitor max 1 MVar

4.3.1 Hasil Simulasi GA Untuk menentukan Lokasi dan Ukuran Kapasitor yang Optimal

Pada sub bab ini akan ditampilkan hasil simulasi GA untuk menentukan lokasi dan ukuran Kapasitor yang optimal sesuai dengan kondisi yang sudah ditentukan pada sub bab sebelumnya. Hasil yang ditampilkan adalah nilai deviasi tegangan tiap bus pada system

1. Kondisi 1 : Pemasangan 1 buah Kapasitor max 0,5 MVar

Tabel4.12hasil penempatan Kapasitor pada system menggunakan GA(1)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.060	23	-0.020
2	-0.003	13	-0.063	24	-0.026
3	-0.016	14	-0.063	25	-0.030
4	-0.023	15	-0.063	26	-0.048
5	-0.030	16	-0.064	27	-0.050
6	-0.046	17	-0.066	28	-0.062
7	-0.047	18	-0.066	29	-0.070
8	-0.051	19	-0.003	30	-0.073
9	-0.055	20	-0.007	31	-0.077
10	-0.059	21	-0.008	32	-0.078
11	-0.059	22	-0.008	33	-0.079

Tabel4.13lokasi penempatan Kapasitor menggunakan GA(1)

	Jumlah	Ukuran Terpasang (MVar)	Lokasi (Bus)
Kapasitor	1	0,475	@ 15

2. Kondisi 2 : Pemasangan 1 buah Kapasitor max 1 MVar

Tabel4.14hasil penempatan Kapasitor pada system menggunakan GA(2)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.049	23	-0.019
2	-0.003	13	-0.048	24	-0.025
3	-0.015	14	-0.046	25	-0.029
4	-0.022	15	-0.044	26	-0.044
5	-0.028	16	-0.045	27	-0.046
6	-0.042	17	-0.047	28	-0.058
7	-0.041	18	-0.048	29	-0.066
8	-0.045	19	-0.003	30	-0.069

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
9	-0.047	20	-0.007	31	-0.073
10	-0.048	21	-0.007	32	-0.074
11	-0.048	22	-0.008	33	-0.075

Tabel4.15lokasi penempatan Kapasitor menggunakan GA(2)

	Jumlah	Ukuran Terpasang (MVar)	Lokasi (Bus)
Kapasitor	1	0,95	@ 15

3. Kondisi 3 : Pemasangan 2 buah Kapasitor max 0,5 MVar

Tabel4.16hasil penempatan Kapasitor pada system menggunakan GA(3)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.057	23	-0.019
2	-0.003	13	-0.060	24	-0.025
3	-0.015	14	-0.060	25	-0.029
4	-0.021	15	-0.060	26	-0.043
5	-0.028	16	-0.060	27	-0.045
6	-0.042	17	-0.062	28	-0.054
7	-0.043	18	-0.062	29	-0.060
8	-0.048	19	-0.003	30	-0.062
9	-0.052	20	-0.007	31	-0.063
10	-0.055	21	-0.007	32	-0.063
11	-0.056	22	-0.008	33	-0.063

Tabel4.17lokasi penempatan Kapasitor menggunakan GA(3)

	Jumlah	Ukuran Terpasang (MVar)	Lokasi (Bus)
Kapasitor	2	0,425	@ 16
		0,465	@ 32

4. Kondisi 4 : Pemasangan 2 buah Kapasitor max 1 MVar

Tabel4.18 hasil penempatan Kapasitor pada system menggunakan GA(4)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.040	23	-0.017
2	-0.002	13	-0.039	24	-0.024
3	-0.013	14	-0.036	25	-0.027
4	-0.018	15	-0.038	26	-0.034
5	-0.023	16	-0.039	27	-0.036
6	-0.033	17	-0.041	28	-0.041
7	-0.032	18	-0.042	29	-0.045
8	-0.036	19	-0.003	30	-0.046
9	-0.038	20	-0.006	31	-0.045
10	-0.039	21	-0.007	32	-0.045
11	-0.039	22	-0.008	33	-0.046

Tabel4.19 lokasi penempatan Kapasitor menggunakan GA(4)

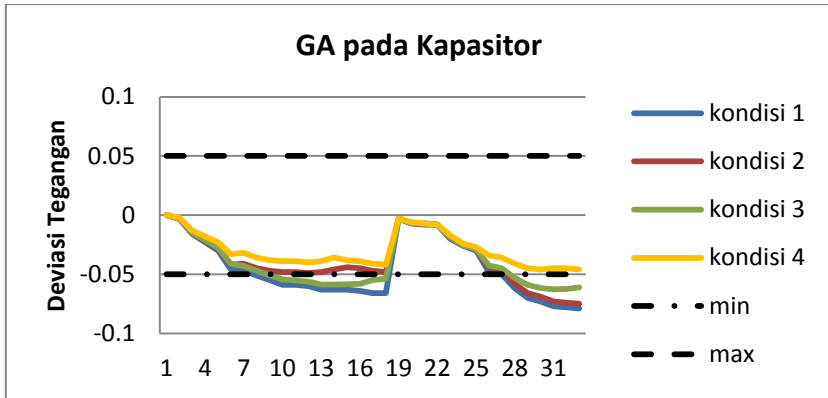
	Jumlah	Ukuran Terpasang (MVar)	Lokasi (Bus)
Kapasitor	2	0,95	@ 14, 31

4.3.2 Analisa hasil Simulasi GA Untuk menentukan Lokasi dan Ukuran Kapasitor yang Optimal

Tabel4.20 Hasil Analisa Keseluruhan

Kondisi	Deviasi Tegangan		Kategori Sistem
	Terbesar	Terkecil	
Kondisi 1	0,000 (1)	-0,079 (33)	Undervoltage
Kondisi 2	0,000 (1)	-0,075 (33)	Undervoltage
Kondisi 3	0,000 (1)	-0,063 (31,32,33)	Undervoltage
Kondisi 4	0,000 (1)	-0,046 (30,33)	Optimal

Seperti yang terlihat pada Gambar4.2 dan kondisi system pada tabel4.20 menunjukkan bahwa ukuran kapasitas kapasitor yang terlalu kecil walaupun dengan jumlah banyak kurang efektif dalam memperbaiki deviasi tegangan pada system. Hasil optimal didapatkan saat memasang kapasitor dengan ukuran terbesar dan tersebar (2 buah).



Gambar4.2 gambar perbandingan deviasi tegangan tiap kondisi

4.4 Optimasi Menggunakan GA Untuk Lokasi dan Ukuran DG dan Kapasitor

Simulasi optimasi menggunakan GA pada system dilakukan untuk mendapatkan lokasi pemasangan DG dan kapasitor yang optimal, Pemasangan DG sebagai sumber daya aktif dan Kapasitor sebagai kompensator daya reaktif akan memperbaiki system menjadi lebih baik, sehingga system memiliki nilai deviasi minimum dan berada pada standar $\pm 5\%$.

Simulasi akan dibagi dalam beberapa kondisi agar memudahkan proses analisa system, kondisi akan berhenti saat didapatkan system dengan nilai deviasi minimum tidak melebihi $\pm 5\%$, kondisinya yaitu :

1. Kondisi 1 : Pemasangan masing – masing 1 buah DG max 1MW dan Kapasitor max 0,5 MVar
2. Kondisi 2 : Pemasangan masing – masing 1 buah DG max 2MW dan Kapasitor max 0,5 MVar
3. Kondisi 3 : Pemasangan masing – masing 1 buah DG max 1MW dan Kapasitor max 1 MVar
4. Kondisi 4 : Pemasangan masing – masing 1 buah DG max 2MW dan Kapasitor max 1 MVar

4.4.1 Hasil Simulasi GA Untuk menentukan Lokasi dan Ukuran DG dan Kapasitor yang Optimal

Pada sub bab ini akan ditampilkan hasil simulasi GA untuk menentukan lokasi dan ukuran Kapasitor yang optimal sesuai dengan kondisi yang sudah ditentukan pada sub bab sebelumnya. DG yang terpasang akan mensuplai daya aktif dan kapasitor yang terpasang akan mengkompensasi beban reaktif dengan suplai daya reaktifnya. Hasil yang ditampilkan adalah nilai deviasi tegangan tiap bus pada system

1. Kondisi 1 : Pemasangan masing – masing 1 buah DG max 1MW dan Kapasitor max 0,5 MVar

Tabel4.21 hasil penempatan DG dan Kapasitor menggunakan GA(1)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.047	23	-0.016
2	-0.002	13	-0.049	24	-0.023
3	-0.012	14	-0.049	25	-0.026
4	-0.017	15	-0.049	26	-0.033
5	-0.021	16	-0.049	27	-0.033
6	-0.032	17	-0.045	28	-0.038
7	-0.034	18	-0.044	29	-0.041
8	-0.038	19	-0.003	30	-0.041
9	-0.041	20	-0.006	31	-0.039
10	-0.045	21	-0.007	32	-0.038
11	-0.046	22	-0.008	33	-0.036

Tabel4.22 lokasi penempatan DG dan Kapasitor menggunakan GA(1)

	Jumlah	Ukuran Terpasang	Lokasi (Bus)
DG	1	0,95 MW	@ 33
Kapasitor	1	0,475 MVar	@ 18

2. Kondisi 2 : Pemasangan masing – masing 1 buah DG max 2MW dan Kapasitor max 0,5 MVar

Tabel4.23 hasil penempatan DG dan Kapasitor menggunakan GA(2)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.033	23	-0.012
2	-0.002	13	-0.035	24	-0.019
3	-0.009	14	-0.035	25	-0.022

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
4	-0.011	15	-0.035	26	-0.018
5	-0.013	16	-0.035	27	-0.017
6	-0.019	17	-0.032	28	-0.015
7	-0.020	18	-0.032	29	-0.023
8	-0.024	19	-0.002	30	-0.027
9	-0.028	20	-0.006	31	-0.030
10	-0.031	21	-0.006	32	-0.031
11	-0.032	22	-0.007	33	-0.032

Tabel4.24 lokasi penempatan DG dan Kapasitor menggunakan GA(2)

	Jumlah	Ukuran Terpasang	Lokasi (Bus)
DG	1	1,9 MW	@ 28
Kapasitor	1	0,475 MVar	@ 17

3. Kondisi 3 : Pemasangan masing – masing 1 buah DG max 1MW dan Kapasitor max 1 MVar

Tabel4.25 hasil penempatan DG dan Kapasitor menggunakan GA(3)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.035	23	-0.015
2	-0.002	13	-0.034	24	-0.022
3	-0.011	14	-0.032	25	-0.025
4	-0.015	15	-0.030	26	-0.028
5	-0.019	16	-0.028	27	-0.029
6	-0.028	17	-0.030	28	-0.034
7	-0.028	18	-0.030	29	-0.037
8	-0.031	19	-0.003	30	-0.037
9	-0.033	20	-0.006	31	-0.035
10	-0.034	21	-0.007	32	-0.036
11	-0.034	22	-0.008	33	-0.036

Tabel4.26 lokasi penempatan DG dan Kapasitor menggunakan GA(3)

	Jumlah	Ukuran Terpasang	Lokasi (Bus)
DG	1	0,95 MW	@ 31
Kapasitor	1	0,95 MVar	@ 16

4. Kondisi 4 : Pemasangan masing – masing 1 buah DG max 2MW dan Kapasitor max 1 MVar

Tabel4.27 hasil penempatan DG dan Kapasitor menggunakan GA(4)

Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan	Bus	Deviasi Tegangan
1	0.000	12	-0.022	23	-0.011
2	-0.002	13	-0.021	24	-0.018
3	-0.008	14	-0.019	25	-0.021
4	-0.010	15	-0.018	26	-0.015
5	-0.011	16	-0.019	27	-0.014
6	-0.015	17	-0.021	28	-0.012
7	-0.015	18	-0.021	29	-0.010
8	-0.018	19	-0.002	30	-0.007
9	-0.020	20	-0.006	31	-0.011
10	-0.021	21	-0.006	32	-0.012
11	-0.022	22	-0.007	33	-0.012

Tabel4.28 lokasi penempatan DG dan Kapasitor menggunakan GA(4)

	Jumlah	Ukuran Terpasang	Lokasi (Bus)
DG	1	1,9 MW	@ 30
Kapasitor	1	0,93 MVar	@ 15

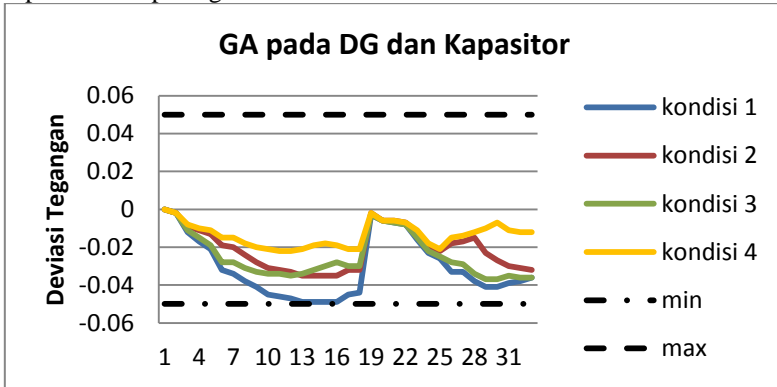
4.4.2 Analisa hasil Simulasi GA Untuk menentukan Lokasi dan Ukuran GA dan Kapasitor yang Optimal

Tabel4.29 Hasil Analisa Keseluruhan

Kondisi	Deviasi Tegangan		Kategori Sistem
	Terbesar	Terkecil	
Kondisi 1	0,000 (1)	-0,049 (13-16)	Optimal
Kondisi 2	0,000 (1)	-0,035 (13-16)	Optimal
Kondisi 3	0,000 (1)	-0,037 (29,30)	Optimal
Kondisi 4	0,000 (1)	-0,022 (11,12)	Optimal

Tabel 4.29 menunjukkan bahwa kombinasi DG sebagai suplai daya aktif dan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif yang terpasang secara bersamaan sangat berpengaruh besar dalam perbaikan deviasi tegangan pada system. Hanya dengan memasang DG sebesar 0,95MW dan Kapasitor sebesar 0,45Mvar system sudah berada pada keadaan optimal. Dengan meningkatkan kapasitas DG dan kapasitor

yang terpasang membuat system menjadi lebih optimal. Hasil perbandingan nilai deviasi tegangan untuk tiap kondisi lebih jelas diperlihatkan pada gambar 4.3.



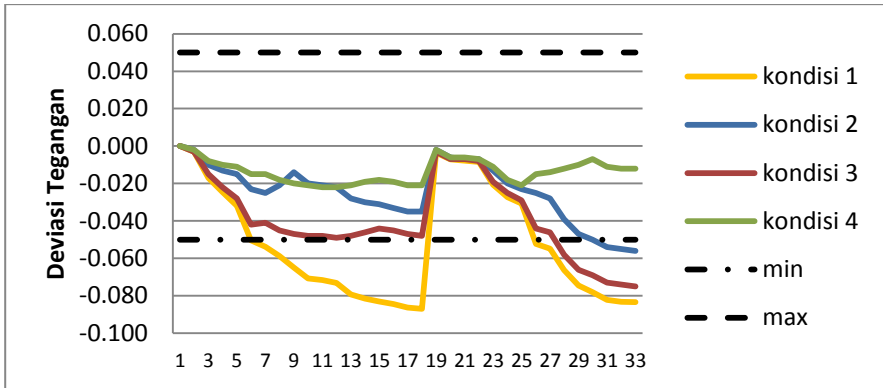
Gambar4.3 perbandingan deviasi tegangan tiap kondisi

4.5 Analisa keseluruhan Point

Penggunaan GA dalam menentukan lokasi DG dan Kapasitor sangat berperan penting sebagai pengambil keputusan dari berbagai kemungkinan yang berjumlah banyak. Pengaruh GA pada system dapat dilihat pada Tabel4.30 dan Gambar4.4

Tabel4.30 Hasil Optimasi GA pada Sistem IEEE 33 Bus

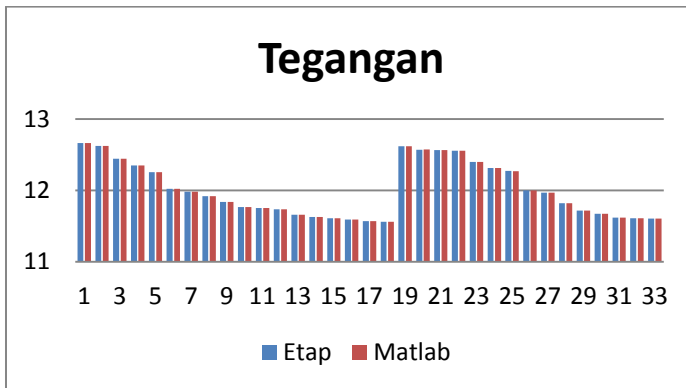
Kondisi		Genetic Algorithm
Aliran Daya Awal (kondisi 1)	Deviasi Tegangan Terburuk (No Bus)	-0.087 @18
Hanya instalasi DG (kondisi 2)	Ukuran DG (No Bus)	1.88MW @9
	Deviasi Tegangan Terburuk (No Bus)	-0.056 @33
Hanya instalasi Kapasitor (kondisi 3)	Ukuran Kapasitor (No Bus)	0.95MVar @15
	Deviasi Tegangan Terburuk (Bus No)	-0.075 @33
Simultan instalasi DG dan Kapasitor (kondisi 4)	Ukuran DG (No Bus)	1.90MW @30
	Ukuran Kapasitor (No Bus)	0.93MVar @15
	Deviasi Tegangan Terburuk (Bus No)	-0.022 @12



Gambar4.4 perbandingan deviasi tegangan pada semua sub bab

4.6 Validasi Simulasi Program dengan Software ETAP

Validasi dilakukan untuk melihat tingkat keakuratan nilai yang dihasilkan oleh program yang dibuat dengan pembading software ETAP dimana ETAP merupakan platform perhitungan yang sama dengan program yang dibuat.



Gambar4.5 nilai tegangan program dan etap

Tabel4.31 hasil validasi nilai tegangan program dengan ETAP

Bus	Tegangan		Error (%)	Bus	Tegangan		Error(%)
	Matlab	Etap			Matlab	Etap	
1	12.660	12.660	0.000	18	11.560	11.560	0.000
2	12.622	12.622	0.000	19	12.616	12.616	0.000
3	12.444	12.444	0.000	20	12.570	12.571	0.008
4	12.349	12.349	0.000	21	12.562	12.562	0.000
5	12.256	12.256	0.000	22	12.554	12.554	0.000
6	12.023	12.023	0.000	23	12.399	12.399	0.000
7	11.979	11.979	0.000	24	12.314	12.312	-0.016
8	11.917	11.917	0.000	25	12.272	12.269	-0.024
9	11.838	11.838	0.000	26	11.998	11.998	0.000
10	11.764	11.764	0.000	27	11.966	11.966	0.000
11	11.753	11.753	0.000	28	11.821	11.821	0.000
12	11.734	11.734	0.000	29	11.717	11.717	0.000
13	11.657	11.657	0.000	30	11.672	11.672	0.000
14	11.628	11.628	0.000	31	11.619	11.619	0.000
15	11.610	11.610	0.000	32	11.608	11.608	0.000
16	11.593	11.593	0.000	33	11.604	11.604	0.000
17	11.567	11.567	0.000				

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisa, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari simulasi yang telah dilakukan didapatkan hasil yaitu, pada simulasi awal deviasi tegangan sebesar -0,087 di bus 18. jika ditambahkan kapasitor ukuran 1 Mvar meghasilkan deviasi tegangan sebesar -0,075 di bus 33. Jika ditambahkan DG ukuran 1 MW menghasilkan deviasi tegangan sebesar -0,069 di bus 33. Jika ditambahkan kapasitor 1Mvar dan DG 1MW menghasilkan deviasi tegangan sebesar -0,033 di bus 30.
2. Deviasi tegangan paling baik adalah menambahkan kapasitor dan DG pada sistem dibandingkan dengan hanya menambahkan DG atau kapasitor saja yaitu sebesar -0,033.
3. Dengan menambahkan DG dan kapasitor pada sistem IEEE 33 Bus, terjadi perbaikan deviasi tegangan sebesar 45% dari sistem awal tanpa penambahan DG dan Kapasitor.
4. Besar kapasitas optimal dari DG dan kapasitor yang dipasangkan ke sistem yaitu sebesar 2 MW dan 1Mvar.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir kedepan adalah sebagai berikut :

1. Perlu adanya pengembangan program agar bisa digunakan untuk jaringan tiga fasa tidak seimbang.
2. Pemodelan DG dan Kapasitor lebih detail untuk mendekati kondisi sebenarnya.
3. Untuk penelitian selanjutnya pada kasus *coordinated planning*, tidak hanya memadukan 2 cara (penambahan DG & penambahan kapasitor) tapi bisa jadi 3 cara (rekonfigurasi, penambahan kapasitor, & DG) dan juga bisa dikembangkan untuk *multi-objective function*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisa, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari simulasi yang telah dilakukan didapatkan hasil yaitu, pada simulasi awal deviasi tegangan sebesar -0,087 di bus 18. jika ditambahkan kapasitor ukuran 1 Mvar meghasilkan deviasi tegangan sebesar -0,075 di bus 33. Jika ditambahkan DG ukuran 1 MW menghasilkan deviasi tegangan sebesar -0,069 di bus 33. Jika ditambahkan kapasitor 1Mvar dan DG 1MW menghasilkan deviasi tegangan sebesar -0,033 di bus 30.
2. Deviasi tegangan paling baik adalah menambahkan kapasitor dan DG pada sistem dibandingkan dengan hanya menambahkan DG atau kapasitor saja yaitu sebesar -0,033.
3. Dengan menambahkan DG dan kapasitor pada sistem IEEE 33 Bus, terjadi perbaikan deviasi tegangan sebesar 45% dari sistem awal tanpa penambahan DG dan Kapasitor.
4. Besar kapasitas optimal dari DG dan kapasitor yang dipasangkan ke sistem yaitu sebesar 2 MW dan 1Mvar.

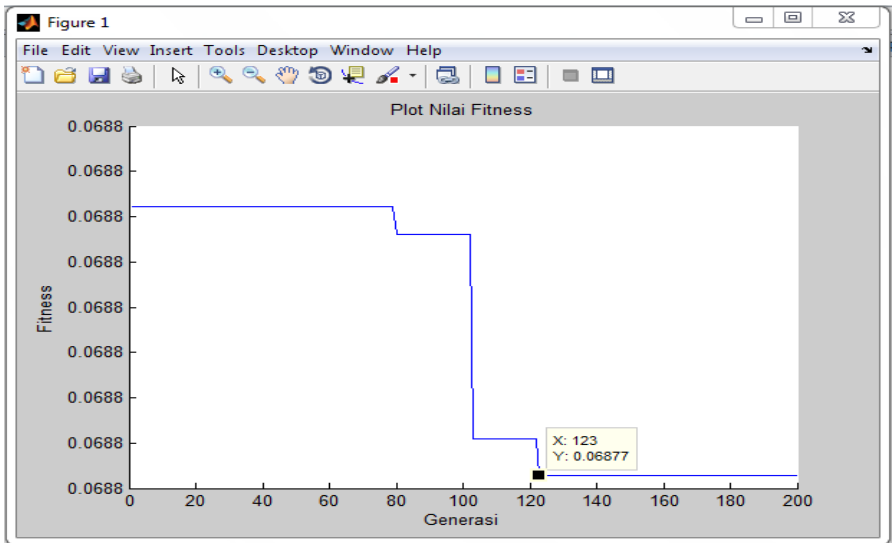
5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir kedepan adalah sebagai berikut :

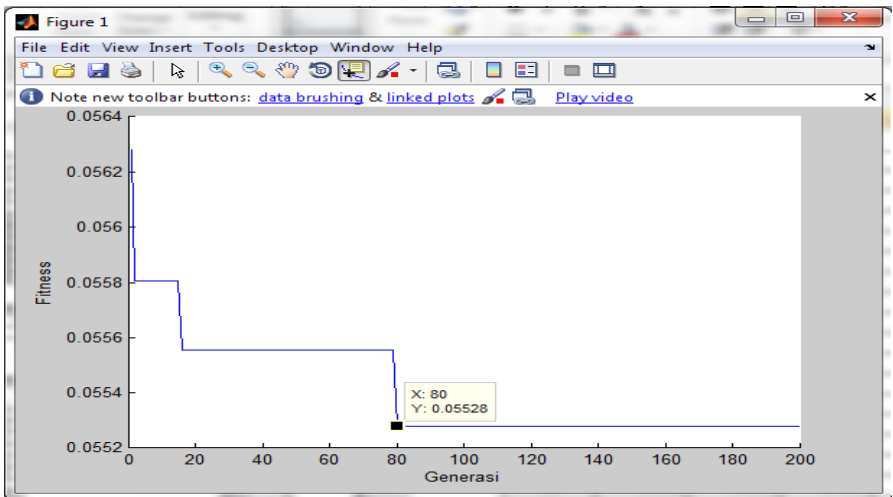
1. Perlu adanya pengembangan program agar bisa digunakan untuk jaringan tiga fasa tidak seimbang.
2. Pemodelan DG dan Kapasitor lebih detail untuk mendekati kondisi sebenarnya.
3. Untuk penelitian selanjutnya pada kasus *coordinated planning*, tidak hanya memadukan 2 cara (penambahan DG & penambahan kapasitor) tapi bisa jadi 3 cara (rekonfigurasi, penambahan kapasitor, & DG) dan juga bisa dikembangkan untuk *multi-objective function*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

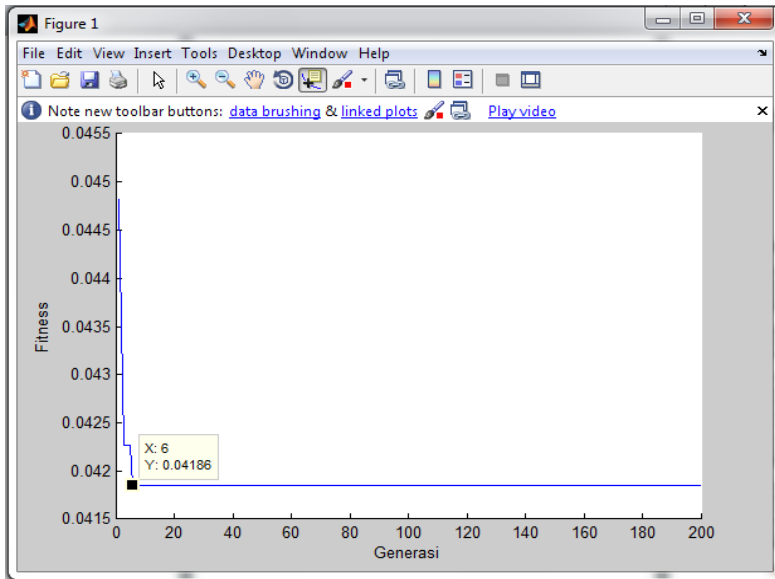
Lampiran



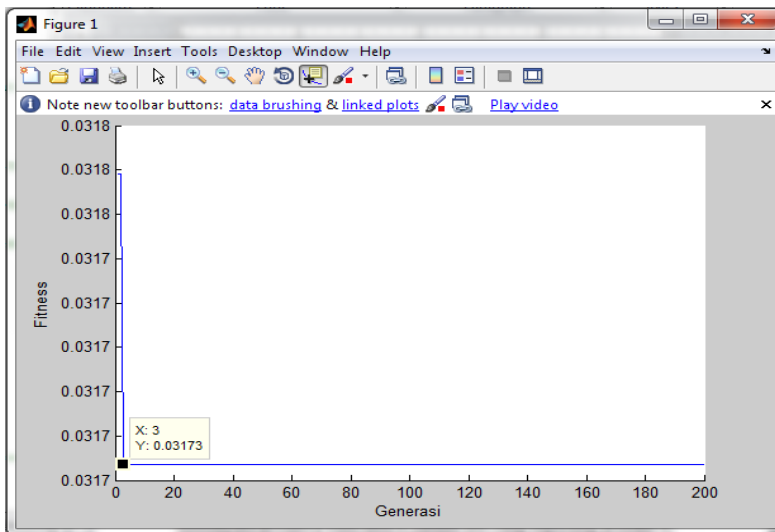
Grafik konvergensi GA lokasi DG kondisi 1



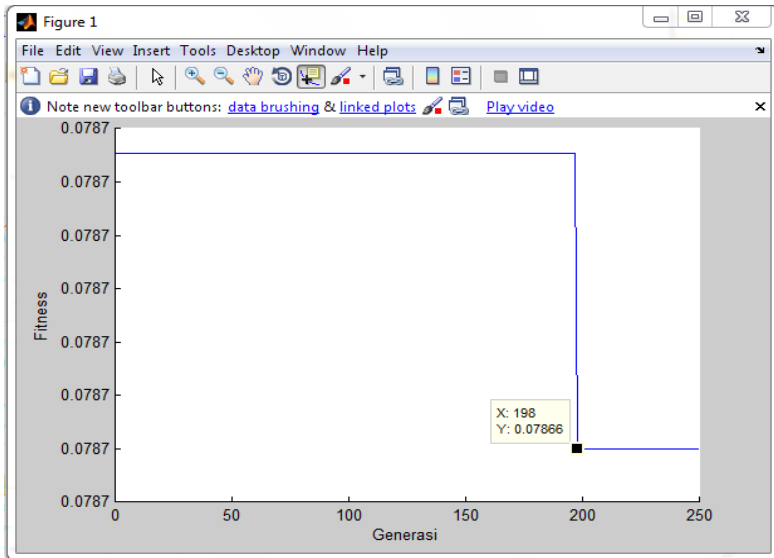
Grafik konvergensi GA lokasi DG kondisi 2



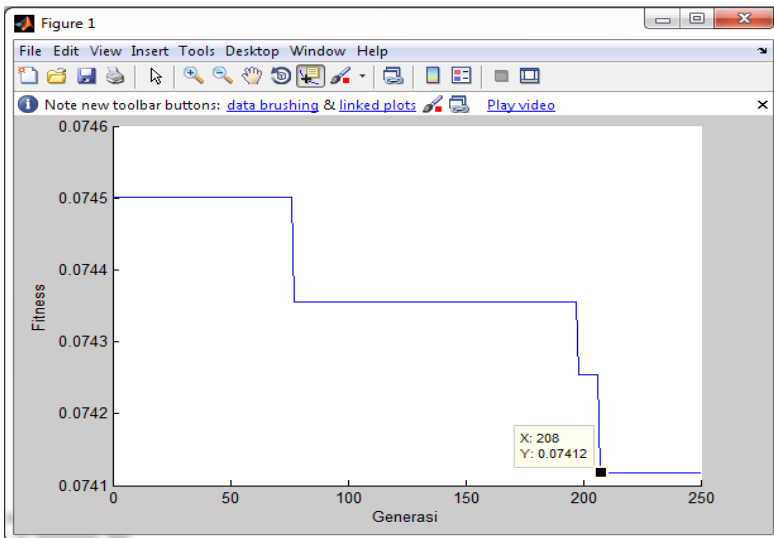
Grafik konvergensi GA lokasi DG kondisi 3



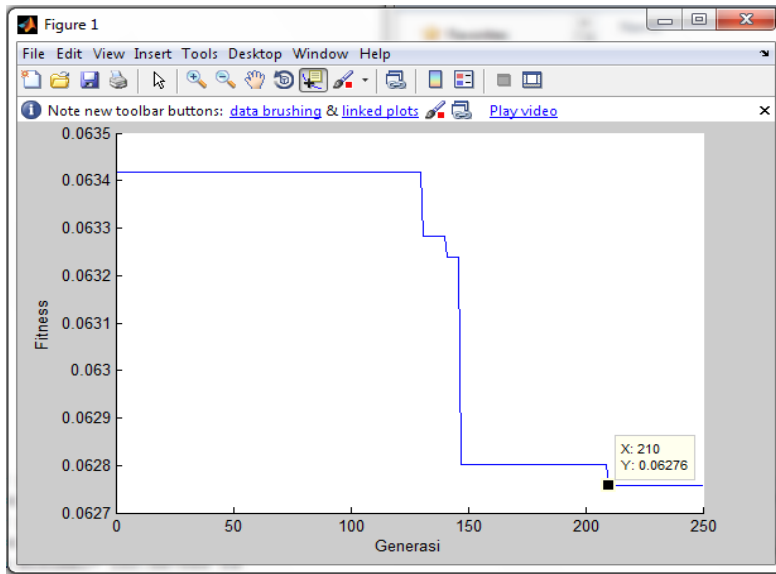
Grafik konvergensi GA lokasi DG kondisi 4



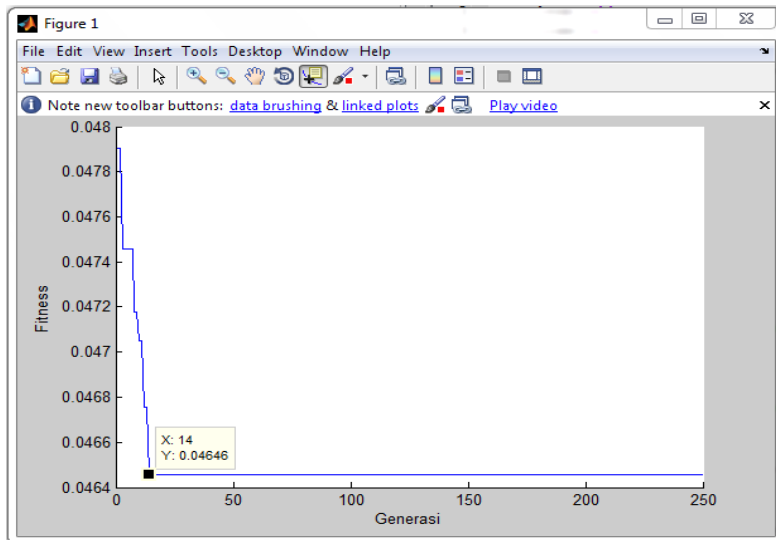
Grafik konvergensi GA lokasi Kapasitor kondisi 1



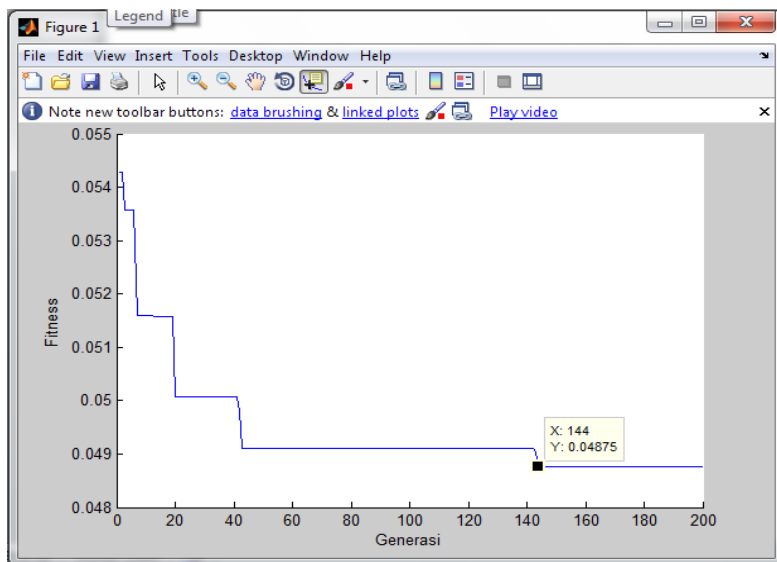
Grafik konvergensi GA lokasi Kapasitor kondisi 2



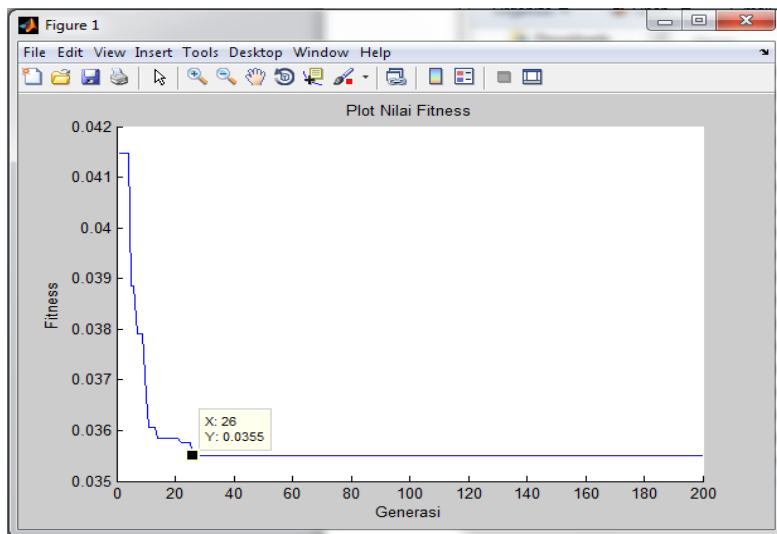
Grafik konvergensi GA lokasi Kapasitor kondisi 3



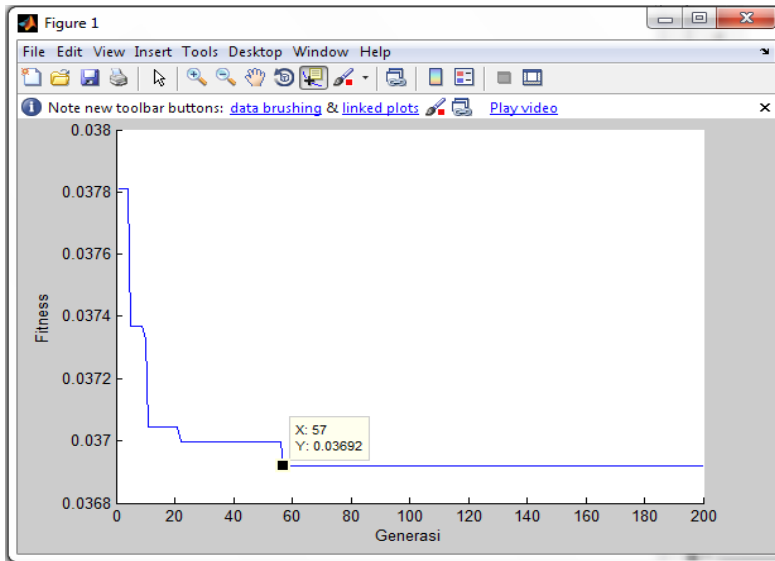
Grafik konvergensi GA lokasi Kapasitor kondisi 4



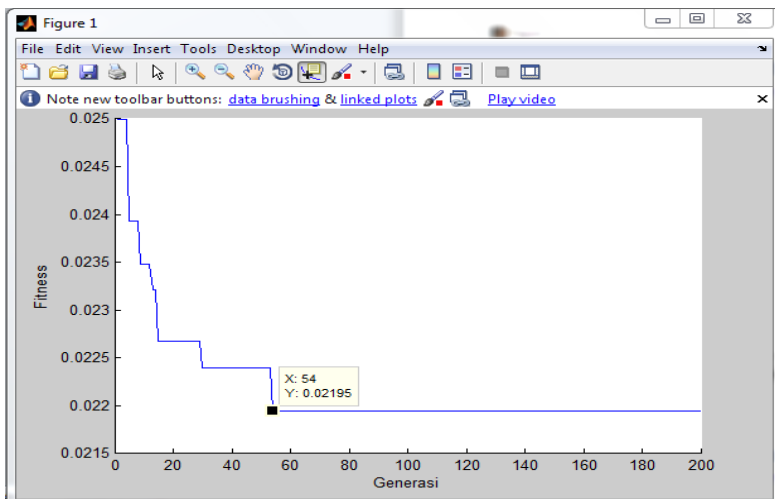
Grafik konvergensi GA lokasi DG dan Kapasitor kondisi 1



Grafik konvergensi GA lokasi DG dan Kapasitor kondisi 2



Grafik konvergensi GA lokasi DG dan Kapasitor kondisi 3



Grafik konvergensi GA lokasi DG dan Kapasitor kondisi 4

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Minnan Wang, Jin Zhong. *A Novel Method for Distributed Generation and Capacitor Optimal Placement Considering Voltage Profiles*, IEEE journal, 2011
- [2] Dwiki, Alif Satriya, "Optimasi Penempatan DG Menggunakan Metode PSO pada Jaringan Distribusi Mikrogrid untuk Meminimalisasi Rugi Daya", Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2014
- [3] Nisa, Tyas Khairun, "Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor untuk Menurunkan Rugi-Rugi Energi pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Menggunakan Metode *Simple Branch Exchange*", Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2014
- [4] Ervani, Rizki, "Optimasi Aliran Daya Menggunakan Metode *NonDominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II)* pada *Microgrid Stand-Alone* Dengan Mempertimbangkan *Battery Lifetime*", Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2014
- [5] Rugthaicharoencheep, "*Distribution System Operation for Power Loss Minimization and Improved Voltage Profile with Distributed Generation and Capacitor Placements*", International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2011, pp. 1187.
- [6] Kasyanto, "Pengaruh Regulator Tegangan Terhadap Perbaikan Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Penyulang Purwodadi 10", Prosiding Seminar Tugas Akhir, pp. 3-4, Teknik Elektro Universitas Dipenogoro, Semarang, 2008
- [7] Suyanto, "Algoritma Genetika Matlab", Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2005
- [8] Sedighzadeh, Mostafa, "*Optimal Reconfiguration and Capacitor Placement for Power Loss Reduction of Distribution System Using Improved Binary Particle Swarm Optimization*", International Journal of Energy and Environmental Engineering, 2014, pp. 5
- [9] K. S. Swarup, "*Genetic Algorithm for Optimal Capacitor Allocation in Radial Distribution Systems*", Proceedings of the 6th WSEAS Int. Conf. on EVOLUTIONARY COMPUTING, 2005, pp. 152-159
- [10] Chun Wang. "*Optimization of Network Configuration in Large Distribution Systems Using Plant Growth Simulation Algorithm*". IEEE Transactions On Power Systems, Vol. 23, NO. 1, February 2008

BIOGRAFI



Penulis bernama Gama Dwi Nefanda, lahir di Surabaya pada tanggal 10 Agustus 1992. Merupakan anak ke-2 dari tiga bersaudara. Penulis lulus dari SMAN 22 Surabaya pada tahun 2010, lalu melanjutkan pendidikan diploma 3 di ITS jurusan Teknik Elektro dan lulus pada tahun 2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan sampai sekarang di S1 Teknik Elektro ITS dan bekerja sama dengan Lab Simulasi Sistem Tenaga untuk menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir. Gnevanda@gmail.com